

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,**  
**GEODESIA Y CARTOGRAFÍA**  
**TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**



**ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE**  
**TACURÚ PUCÚ (PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)**

**Madrid, (Diciembre, 2012)**

***Alumna: Cristina Herrera Mérida***

***Tutora: Alejandra Staller Vázquez***

***Cotutor: Jorge Acuña Fretes***



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)





ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS EN TOPOGRAFÍA,**  
**GEODESIA Y CARTOGRAFÍA**  
**TITULACIÓN DE INGENIERO TÉCNICO EN TOPOGRAFÍA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE  
TACURÚ PUCÚ (PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)**



**Madrid, (Diciembre, 2012)**

***Alumna: Cristina Herrera Mérida***

***Tutora: Alejandra Staller Vázquez***

***Cotutor: Jorge Acuña Fletes***



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)





ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



*Agradecimientos*

*En primer lugar agradecerles a mis padres y a mi hermana por el apoyo y la confianza puesta en mí y los esfuerzos realizados durante todos estos años.*

*A Samu, por el cariño y apoyo moral tanto fuera como dentro de esta carrera.*

*A todos mis compañeros y amigos de universidad con los que tantos buenos momentos he pasado y tanto me han ayudado.*

*A todos mis amigos y familiares, por estar siempre ahí, apoyándome y animándome.*

*A mis compañeros de viaje por Paraguay, por hacer de ese viaje algo inolvidable y por ser mi familia todo ese tiempo.*

*A Mario R. porque si en él este proyecto no hubiera sido posible, por su apoyo y gran ayuda.*

*A Fernando Canesso por la ayuda prestada y por enseñarme tantas cosas.*

*Y por último, a mi tutora Alejandra Staller, que, a pesar de la distancia, me ayudó y resolvió todas mis dudas.*



## ÍNDICE

Pág.3

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1 INTRODUCCIÓN .....  | 5         |
| 1.2 OBJETIVOS.....  | 7         |
| 1.3 LOCALIZACIÓN.....   | 8         |
| <b>2. ESTABLECIMIENTO DE LA RED.....</b>  | <b>10</b> |
| 2.1 ANTEPROYECTO.....   | 10        |
| 2.2 SIRGAS.....   | 12        |
| 2.2.1 Introducción .....  | 12        |
| 2.2.2 Definición.....   | 12        |
| 2.2.3 Realizaciones.....  | 13        |
| 2.2.4 VEMOS2009.....  | 14        |
| 2.3 DISEÑO DE LA RED.....   | 17        |
| 2.3.1 Introducción .....  | 17        |
| 2.3.2 Configuración de la red.....  | 17        |
| 2.5 OBSERVACIÓN DE LA RED .....   | 26        |
| 2.5.1 Introducción .....  | 27        |
| 2.5.2 Instrumental.....   | 27        |
| 2.5.3 Metodología de observación .....  | 29        |
| 2.5.3 Planificación de la observación.....  | 30        |
| <b>3. CÁLCULO GNSS .....</b>  | <b>35</b> |
| 3.1 Cálculo de las coordenadas del enlace en la época de observación .....                          | 35        |
| 3.2 Preparación de los datos.....   | 36        |
| 3.3 Cálculo de coordenadas aproximadas y líneas base .....  | 38        |
| 3.4 Ajuste MM.CC. de las observaciones y obtención de coordenadas ajustadas y sus precisiones. .... | 42        |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>   | <b>46</b> |
| <b>5. CONCLUSIONES.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>6. PRESUPUESTO.....</b>  | <b>49</b> |
| 6.1 RELACIÓN DE ACTIVIDADES .....   | 49        |
| 6.1.1 Trabajos previos: .....   | 49        |
| 6.1.2 Toma de datos .....   | 50        |
| 6.1.3 Edición, elaboración y cálculo de los datos .....   | 51        |
| 6.1.4 Memoria .....   | 51        |
| 6.2 RESUMEN .....   | 52        |
| <b>7. BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>53</b> |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>8. ANEXOS .....</b>                             | <b>54</b> |
| <b>8.1 ANEXO 1: RESEÑAS .....</b>                  | <b>54</b> |
| <b>8.2 ANEXO 2: INFORMES LEICA GEO OFFICE.....</b> | <b>CD</b> |



## 1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Durante los cinco primeros meses del curso 2011-2012 se me concedió una beca, convenio entre Itaipu Binacional y la Fundación Carolina, para realizar prácticas en la represa de Itaipu Binacional, en Paraguay, con la posibilidad de la realización del Proyecto Fin de Carrera.

La República del Paraguay es un país situado en la zona centro sur y oriental de América del Sur. Limita al sur con Argentina, al este con Brasil y al noreste con Bolivia. Es el segundo mayor exportador mundial de energía eléctrica, propietario junto a Brasil de la mayor hidroeléctrica del mundo en producción de energía. Es el país con más alto crecimiento económico de Latino América y posee la tercera mayor zona de libre comercio del mundo por detrás de Miami y Hong Kong. Todo ello con una población en la cual el 20% vive en condiciones de pobreza extrema, en el área rural, la pobreza afecta a casi el 50% de la población, mientras que en la capital, Asunción, un 20% vive en esa condición.

En Paraguay la Dirección del Servicio Geográfico Militar es la encargada de ejecutar los trabajos astronómicos, geodésicos, topográficos, fotogramétricos y cartográficos para la confección de la carta general del territorio de Paraguay. Su principal función es dotar a las Fuerzas Armadas de una buena cartografía necesaria para la seguridad nacional, por ello la gran mayoría de los documentos y datos topográficos y cartográficos existente pertenecen a las Fuerzas Armadas y es casi imposible acceder a ellos.

#### ITAIPU

La represa hidroeléctrica de Itaipu es una empresa binacional entre Paraguay y Brasil, en su frontera sobre el río Paraná, aguas arriba de las cataratas de Iguazú. Es la central hidroeléctrica mayor del mundo en producción de energía. La potencia de generación electrohidráulica instalada es de 14.000 MW, con 20 turbinas generadoras de 700 MW, con capacidad suficiente para abastecer el consumo de electricidad de todo el mundo durante dos días. La región de influencia de Itaipu va desde Ciudad del Este, en el lado paraguayo y Foz de Iguazú, en el lado brasileño, al sur y por el norte hasta Salto del Guairá, Paraguay, y Guairá, en Brasil.

El lago artificial formado por la presa tiene una extensión en línea recta de unos 200 km, un área aproximado de 1400 km<sup>2</sup> y contiene 29.000 hm<sup>3</sup> de agua.





## ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ (PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



La represa tiene como misión generar energía eléctrica con calidad, con responsabilidad social y ambiental, impulsando el desarrollo económico, turístico y tecnológico, sustentable en Paraguay y Brasil.

Dentro de Itaipu, hay una organización llamada Parque Tecnológico Itaipu (PTI-PY), en el cual yo desarrolle mi beca. El PTI es una fundación que contribuye al desarrollo científico y tecnológico que incide positivamente al desarrollo regional, compromiso directo desde Itaipu.



## 1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es establecer una red geodésica, con la mayor precisión posible, en el recinto de Tacurú- Pucú, a partir de observaciones GNSS, para su posterior empleo en el planeamiento, diseño y ejecución de la nueva sede del PTI, así como contribuir al desarrollo urbanístico del entorno mediante posteriores ampliaciones de la misma. La red constará de 7 bases, materializadas con vértices de hormigón. A las que se han dotado de coordenadas UTM en el sistema de referencia SIRGAS (ITRF2008).

Además con este proyecto se inicia la densificación de la red geodésica continental SIRGAS en Paraguay, que hasta la fecha carece de vértices en dicho sistema.

### Necesidad del proyecto

Con esta red geodésica se pretende dotar al distrito de Hernandarias y a sus entornos de una mayor precisión a la hora de realizar trabajos topográficos, cartográficos o incluso fotogramétricos, así como georreferenciar todas la obras y actuaciones urbanísticas, de vital importancia, o a la hora de gestionar un SIG con todos los datos municipales.

### 1.3 LOCALIZACIÓN

La central hidroeléctrica de Itaipu se encuentra situada en el río Paraná, concretamente en el departamento de Alto Paraná en su margen occidental, territorio Paraguayo, y el estado de Paraná en su margen oriental, territorio Brasileño, todo ello a escasos kilómetros del Puente de la Amistad que une Ciudad del Este y Foz de Iguazú, y al norte del puente que une Brasil con Puerto Iguazú, Argentina.

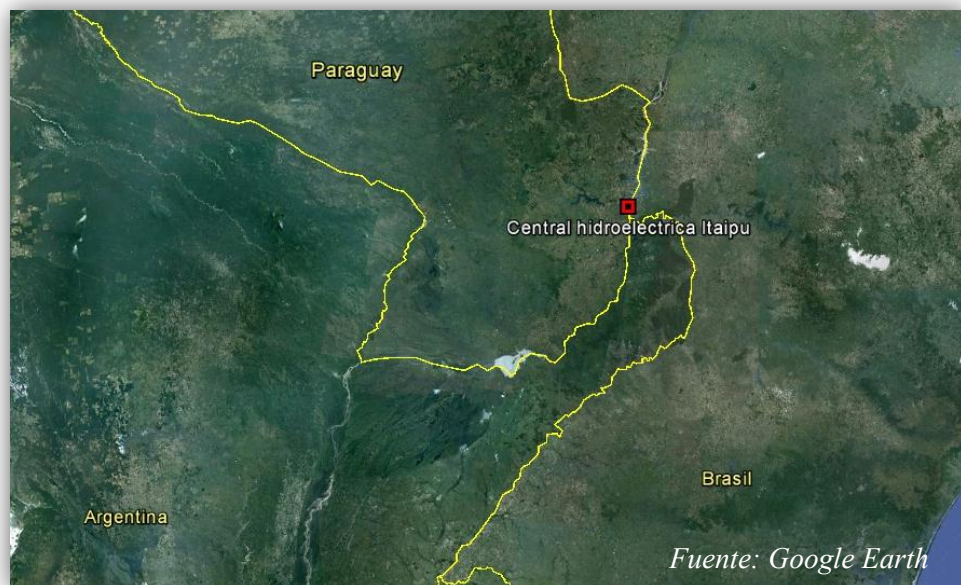


Figura 1.1. Mapa situación de la central hidroeléctrica Itaipu.

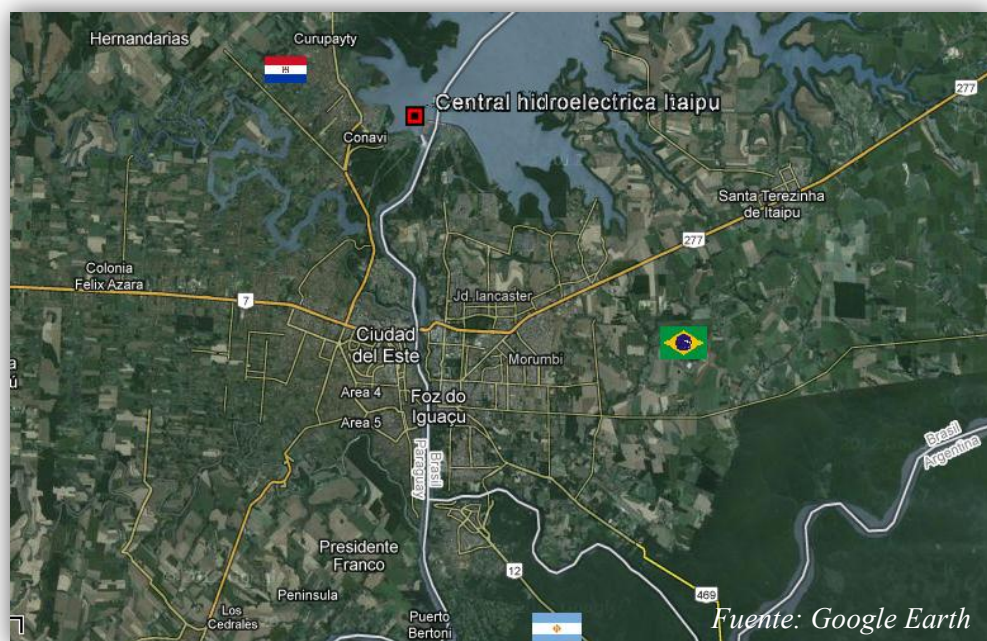


Figura 1.2. Mapa zona de situación de Itaipu respecto las ciudades mas próximas.

### Ubicación de la red

Alrededor del lago hay una franja de protección de unos 1500 kilómetros de extensión. Además hay complejos y reservas naturales. Dentro de uno de estos parajes se encuentra la reserva natural de Tacurú Pucú, un recinto cerrado en el que se va a construir la próxima sede del PTI-PY. Perteneciente al departamento de Alto de Paraná y al distrito de Hernandarias. Tiene una superficie aproximada de 170 Ha. Hay algunas edificaciones ya construidas que pertenecen al PTI-PY y también un club náutico privado.



*Figura 1.3. Mapa situación Tacuru Pucu, zona de implantación de la red local.*



## 2. ESTABLECIMIENTO DE LA RED

### 2.1 ANTEPROYECTO

Consiste en la aceptación del plan de trabajo propuesto con título “ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ (PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)” lo que implica un acuerdo de colaboración entre co-tutor, tutora y becaria durante la realización del proyecto, así como el inicio de los trámites burocráticos necesarios tales como permisos de movilidad por el recinto de Itaipu, consentimientos para utilizar el instrumental topográfico y las gestiones para dispensar los medios necesarios y llevar a buen fin el proyecto.

#### Planificación del proyecto

Gestionar bien el proyecto para repartir bien las tareas y poder terminarlo con éxito y en el tiempo establecido es imprescindible, y por ello se estableció un plan de trabajo en el que se especifican los tiempo establecidos para cada tarea teniendo en cuenta las diferentes situaciones que se pueden presentar en procesos burocráticos, dependencia de terceras personas, problemas con instrumental topográfico, etc.

En el siguiente cronograma se muestra de forma concisa esta planificación.

| Actividades  | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.- Recopilación de información acerca de la red geodésica existente en Itaipu.  | XXXX  |       |       |       |       |
| 2.- Reconocimiento en campo de vértices y del nuevo asentamiento del PTI en la zona de Tacurú Pucú, así como la comprobación del proyecto de monumentación.  | XXXX  | X---  |       |       |       |
| 3.- Diseño del proyecto. Elaborar un proyecto de monumentación de la red. Definir las provisiones necesarias para la monumentación y su emplazamiento aproximado. Determinar metodología de observación. |       | -XXX  |       |       |       |
| 4.- Monumentación.   |       |       | XX-   |       |       |
| 5.- Campaña de observación GNSS.   |       |       | -XXX  |       |       |



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



|   |  |  |  |       |        |
|---|--|--|--|-------|--------|
| 6.- Procesado de datos, cálculo y compensación de la red.   |  |  |  | XX- - |        |
| 7.-Informe de resultados y reseñas con coordenadas finales. |  |  |  | - -XX | X- - - |
| 8.- Redacción final del proyecto.                           |  |  |  |       | XXXX   |

Tabla 2.1. Cronograma de la planificación de las actividades durante la duración de la beca.

X= Semana

Precisiones

Según el objeto del proyecto la precisión interna o relativa fue establecida en 0.005 metros en planimetría y 0.012 metros en altimetría.





## **2.2 SIRGAS**

El sistema de referencia al cual se va a enlazar la red objeto del presente proyecto es SIRGAS, en particular se enlazará a las estaciones SIRGAS-CON (con coordenadas en ITRF2008).

### **2.2.1 Introducción**

SIRGAS es el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. Su definición es idéntica a la del Sistema Internacional de Referencia Terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System) y su realización es una densificación regional del Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF: International Terrestrial Reference Frame). Además del sistema de referencia geométrico, SIRGAS se ocupa de la definición y realización de un sistema vertical de referencia basado en alturas elipsoidales como componente geométrica y en números geopotenciales (referidos a un valor  $W_0$  global convencional) como componente física.

SIRGAS inició en la Conferencia Internacional para la Definición de un Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur celebrada en Asunción, Paraguay, en 1993. Esta Conferencia fue convocada y patrocinada por la Asociación Internacional de Geodesia (IAG: International Association of Geodesy), el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y la US National Imagery and Mapping Agency (NIMA), actualmente, National Geospatial-Intelligence Agency (NGA).

### **2.2.2 Definición**

Las coordenadas SIRGAS están asociadas a una época específica de referencia y su variación con el tiempo es tomada en cuenta ya sea por las velocidades individuales de las estaciones SIRGAS o mediante un modelo continuo de velocidades que cubre todo el continente. Las realizaciones o densificaciones de SIRGAS asociadas a diferentes épocas y referidas a diferentes soluciones del ITRF materializan el mismo sistema de referencia y sus coordenadas, reducidas a la misma época y al mismo marco de referencia (ITRF), son compatibles en el nivel milimétrico.

La conversión de coordenadas geocéntricas a coordenadas geográficas se adelanta utilizando los parámetros del elipsoide GRS80.

La extensión del marco de referencia SIRGAS está dada a través de densificaciones nacionales, las cuales a su vez sirven de marcos de referencia local.

### 2.2.3 Realizaciones

La primera realización de SIRGAS (SIRGAS95) corresponde al ITRF94, época 1995.4 y está dada por una red GPS de alta precisión con 58 estaciones distribuidas sobre América del Sur. Esta red fue reocupada en el año 2000, extendiéndose a los países del Caribe y de Centro y Norte América. Por esta razón, el significado original del acrónimo SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur) cambió a Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas. La segunda realización de SIRGAS (SIRGAS2000) incluye 184 estaciones y corresponde al ITRF2000, época 2000.4. La precisión de las coordenadas de estas dos realizaciones está entre  $\pm 3$  y  $\pm 6$  mm.

La tercera realización de SIRGAS es la red SIRGAS de Operación Continua (SIRGAS-CON). Actualmente está compuesta por cerca de 250 estaciones GNSS de funcionamiento permanente, de las cuales 48 pertenecen la red global del IGS (International GNSS Service). SIRGAS-CON es calculada semanalmente por los centros de procesamiento y combinación de SIRGAS. La operabilidad de SIRGAS-CON se fundamenta en la contribución voluntaria de más de 50 entidades latinoamericanas, que han instalado las estaciones y se ocupan de su operación adecuada para, posteriormente, poner a disposición de los centros de análisis y de los usuarios las coordenadas y velocidades finales de las

estaciones por el IGS-RNAAC-SIR (IGS Regional Network Associate Analysis Centre for

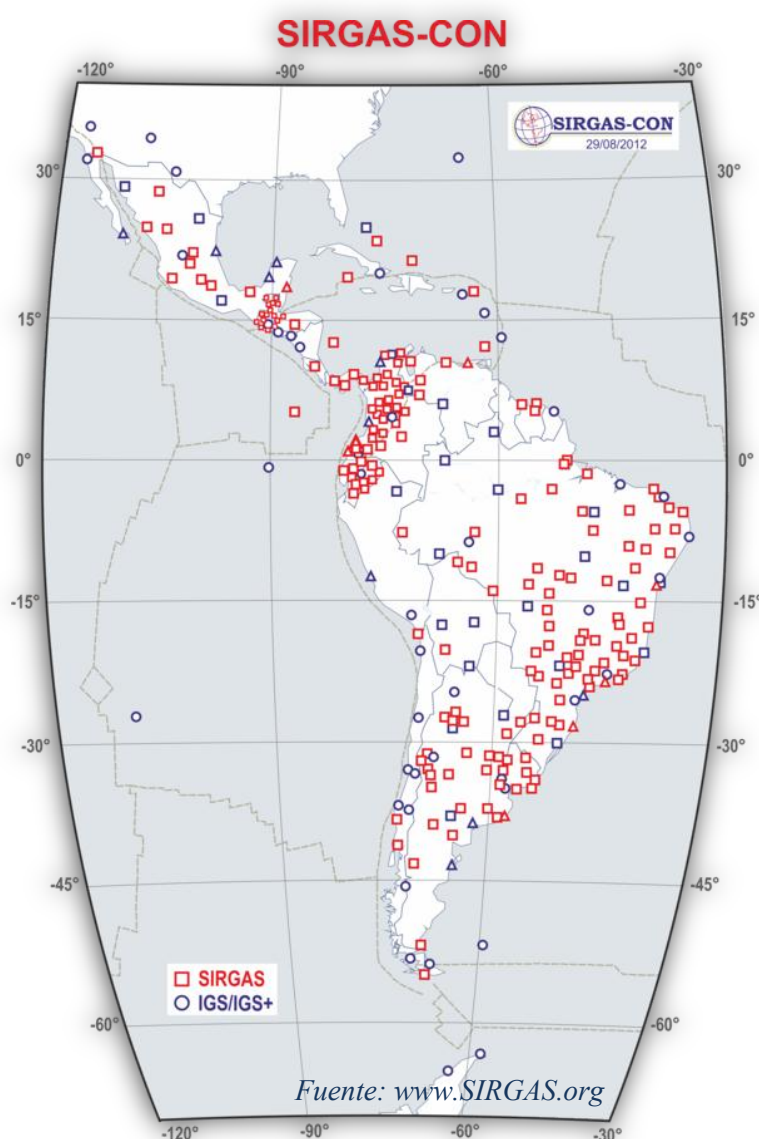


Figura 2.1. Red SIRGAS de funcionamiento continuo SIRGAS-CON.

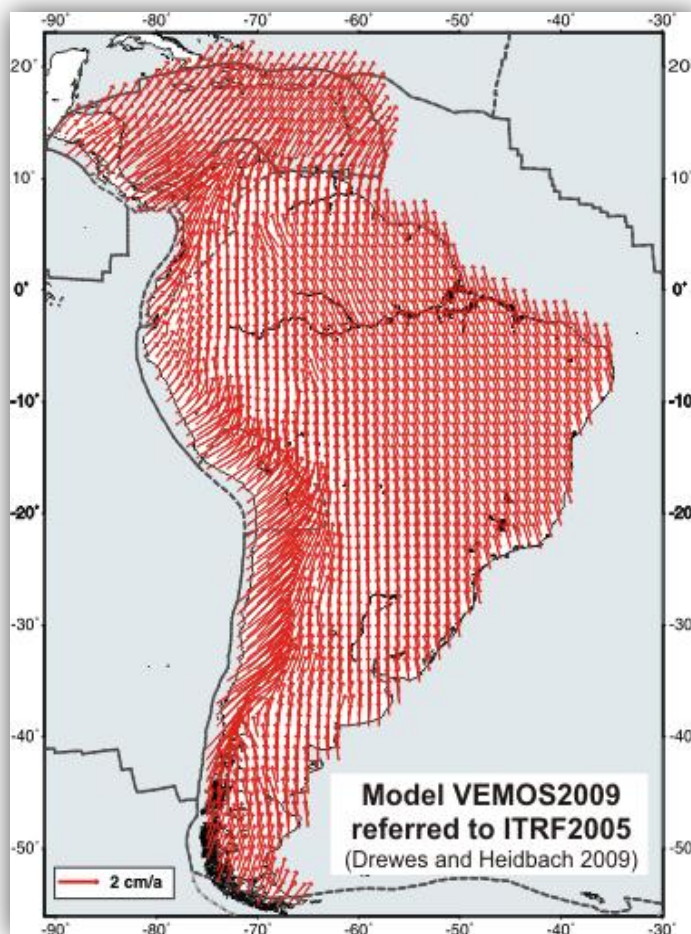


SIRGAS), el cual opera en el DGFI (Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, Munich, Alemania). Las coordenadas semanales de las estaciones SIRGAS-CON se refieren a la época de observación y al mismo marco de referencia utilizado por el IGS para el cálculo de las órbitas finales de los satélites GNSS, actualmente el IGS08. Las coordenadas de las soluciones multianuales se refieren al ITRF vigente y a una época específica.

La relación entre las diferentes realizaciones de SIRGAS está dada por los parámetros de transformación entre los ITRF correspondientes y la reducción de las coordenadas a la misma época de referencia. Dicha reducción puede aplicarse de dos maneras: i) las estaciones de funcionamiento continuo (SIRGAS-CON) con más de dos años de observación, utilizan las velocidades calculadas en la solución multianual más reciente del IGS-RNAAC-SIR, y ii) para aquellas estaciones, cuyas velocidades no están incluidas en dichas soluciones, se utiliza el Modelo de Velocidades SIRGAS (VEMOS: Velocity Model for SIRGAS). Las diferentes realizaciones de SIRGAS, reducidas a la misma época de referencia, son compatibles en el nivel del milímetro.

#### 2.2.4 VEMOS2009

El Modelo de Velocidades para América del Sur y El Caribe (VEMOS2009) ha sido calculado a partir de las coordenadas SIRGAS95 y SIRGAS2000, de las velocidades de las estaciones SIRGAS-CON determinadas por el IGS-RNAAC-SIR y de diferentes proyectos geodinámicos desarrollados en la región (Drewes and Heidbach 2009). Dado que la precisión de las coordenadas trasladadas en el tiempo depende directamente de la confiabilidad de este modelo, su cualificación permanente también es un objetivo central de SIRGAS.



Fuente: [www.SIRGAS.org](http://www.SIRGAS.org)

Figura 2.2. Modelo de velocidades para América del Sur y El Caribe, VEMOS2009.



## ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ (PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



El procesamiento preciso de datos GNSS requiere que las coordenadas de las estaciones de referencia estén dadas en la misma época en que se adelanta la medición y que estén asociadas al mismo marco de referencia de las órbitas satelitales. Las coordenadas semanales de las estaciones SIRGAS de operación continua (SIRGAS-CON) satisfacen estas dos condiciones y en consecuencia, se recomienda utilizar estos puntos (en combinación con sus coordenadas semanales) como estaciones de referencia en los levantamientos GNSS en la región SIRGAS. Si la estación base en un levantamiento dado no es de operación continua, el procedimiento a seguir incluye:

1. Transformación de las coordenadas de referencia al ITRF al cual se refieren las efemérides satelitales. Actualmente, las coordenadas SIRGAS95 o SIRGAS2000 deben transformarse del ITRF94 o ITRF2000 (respectivamente) al ITRF2005 (IGS05) (parámetros de transformación entre ITRFs).
2. Traslado de las coordenadas fiduciales desde la época de referencia a la época de observación. Es decir, las coordenadas asociadas a SIRGAS95 deben trasladarse desde 1995.4 al día en que se hace el levantamiento GNSS, por ejemplo 2010.0. Igualmente, las coordenadas referidas a SIRGAS2000 deben traerse desde 2000.4 a 2010.0. Dicho traslado se hace mediante:

$$\begin{aligned}X(t) &= X(t_0) + (t - t_0) * V_x \\Y(t) &= Y(t_0) + (t - t_0) * V_y \\Z(t) &= Z(t_0) + (t - t_0) * V_z\end{aligned}$$

siendo  $X(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $Z(t)$  las coordenadas en la época deseada,  $X(t_0)$ ,  $Y(t_0)$ ,  $Z(t_0)$  las coordenadas en la época de referencia,  $(t - t_0)$  el intervalo de tiempo transcurrido entre la realización del sistema de referencia y el levantamiento GNSS y  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$  las velocidades de la estación de referencia.

3. Las velocidades  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$  de las estaciones de referencia deben obtenerse preferiblemente del análisis de posicionamientos GNSS repetitivos que cubran un intervalo mínimo de tiempo de dos años. Si las velocidades de la estación de referencia no son conocidas, puede utilizarse el modelo VEMOS2009. Este modelo corresponde a una cuadrícula de  $1^\circ \times 1^\circ$  con velocidades horizontales, las cuales pueden interpolarse con el programa VMS2009. Debe tenerse presente que la precisión promedio de VEMOS es cercana a 1,5 mm/a.



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



4. Una vez las coordenadas de referencia se encuentran en la época de observación, se adelanta el procesamiento de los puntos GNSS nuevos.
5. Las coordenadas de los puntos nuevos se trasladan de la época de observación a la época de referencia (ver ítem 2), ya sea utilizando las velocidades conocidas de un punto muy cercano, o las velocidades del modelo VEMOS2009.
6. Finalmente, las coordenadas de los puntos nuevos deben transformarse al marco de referencia oficial, es decir del ITRF2005 (IGS05) a SIRGAS95 (ITRF94), SIRGAS2000 (ITRF2000), etc. En todos los casos las coordenadas de los puntos nuevos deben almacenarse junto con los valores de velocidad utilizados para trasladarlas a la época de referencia y estas mismas velocidades deben aplicarse para llevar las coordenadas hacia adelante cuando los puntos nuevos sirvan de base en levantamientos GPS posteriores. Aquellos puntos cuyas velocidades no han sido derivadas de diferentes ocupaciones GNSS (o de operación continua), sino interpoladas a partir del modelo VEMOS, no pueden clasificarse como estación de referencia.



## 2.3 DISEÑO DE LA RED

### 2.3.1 Introducción

Una red geodésica es un conjunto de puntos perfectamente ubicados en la superficie terrestre mediante señales adecuadas, entre los que se han efectuado observaciones de tipo geodésico para determinar su posición (latitud, longitud y elevación), su precisión y fiabilidad en términos relativos y absolutos, respecto de un sistema de referencia establecido de antemano. Constituyen los cimientos sobre los que se apoyan multitud de disciplinas tanto científicas como técnicas de la más diversa índole. Son imprescindibles para el estudio teórico de la forma y figura de la Tierra, objetivo principal de la Geodesia, así como para el planeamiento, diseño y ejecución de cualquier tipo de infraestructuras, no en vano se dice que son las "infraestructuras de las infraestructuras".

Las redes geodésicas se pueden clasificar en:

- Red Bidimensional: se procede a través de métodos clásicos. Establecen principalmente coordenadas E y N. Red acimutal ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) mas red altimétrica o de nivelación (H).
- Red altimétrica o de nivelación: se obtienen los datos correspondientes a las altitudes (normales u ortométricas).
- Tridimensionales: procedimientos propios de la geodesia espacial. Red vectorial ( $\phi$ ,  $\lambda$ , h) mas red altimétrica o de nivelación (H).

### 2.3.2 Configuración de la red

En esta fase lo que se pretende es diseñar la mejor configuración de la red dentro de la zona de actuación. Para ello contamos con imágenes de satélites, ya que no disponíamos de cartografía a escala 1:25.000 o 1:50.000, pues en Paraguay son difíciles de conseguir o, como en nuestro caso, inexistentes. En ellas que se indicó de forma aproximada la situación que debían tener nuestros futuros vértices.

### Enlace con SIRGAS

Para realizar el enlace de nuestra red al sistema SIRGAS con una precisión absoluta mejor de 5 centímetros, se buscaron las estaciones GNSS de la red SIRGAS más cercanas a nuestra zona de trabajo. Como en Paraguay actualmente no existe ningún punto del sistema SIRGAS, se seleccionaron las estaciones de Argentina: CHAC, MECO, EBYP y SVIC y de Brasil: MSDO, ROSA, PRMA y PRGU, con la siguiente disposición:

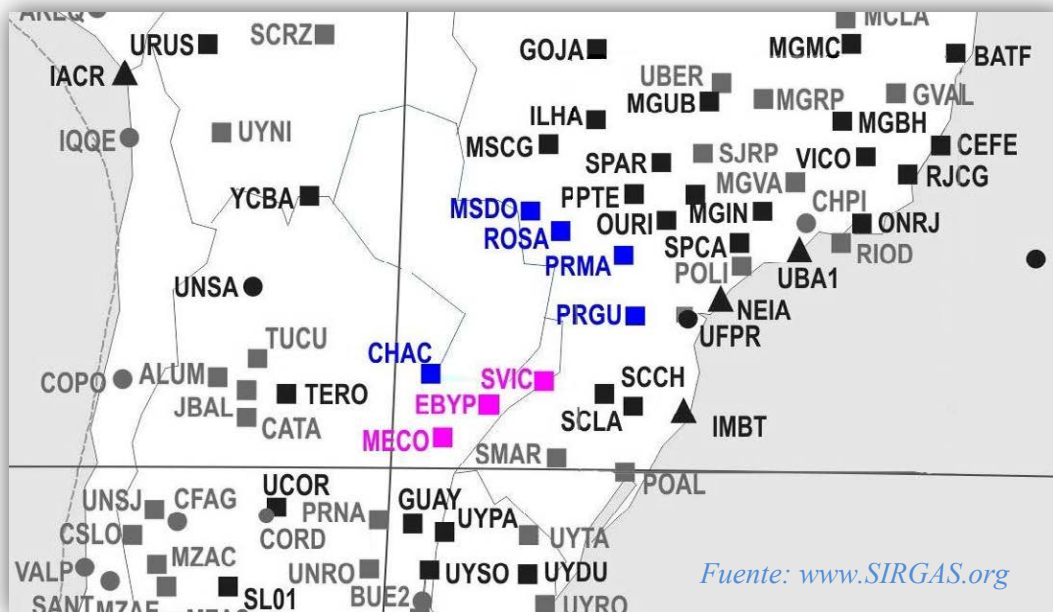


Figura 2.3. Estaciones GNSS de la red SIRGAS seleccionadas para el enlace de la red con el sistema de referencia.

Se descartaron las estaciones de EBYP por estar fuera de funcionamiento desde el 2011, MECO y MSDO por estar demasiado lejos y CHAC al no tener coordenadas

Las estaciones finales usadas para el enlace y las distancias a nuestra zona de trabajo fueron las mostradas en la tabla 3.1.

| ESTACIÓN | DISTANCIA (km) | PAÍS      |
|----------|----------------|-----------|
| ROSA     | 355            | Brasil    |
| PRMA     | 345            | Brasil    |
| PRGU     | 314            | Brasil    |
| SVIC     | 183            | Argentina |

Tabla 2.2. Coordenadas SIRGAS y distancias a la zona de trabajo.



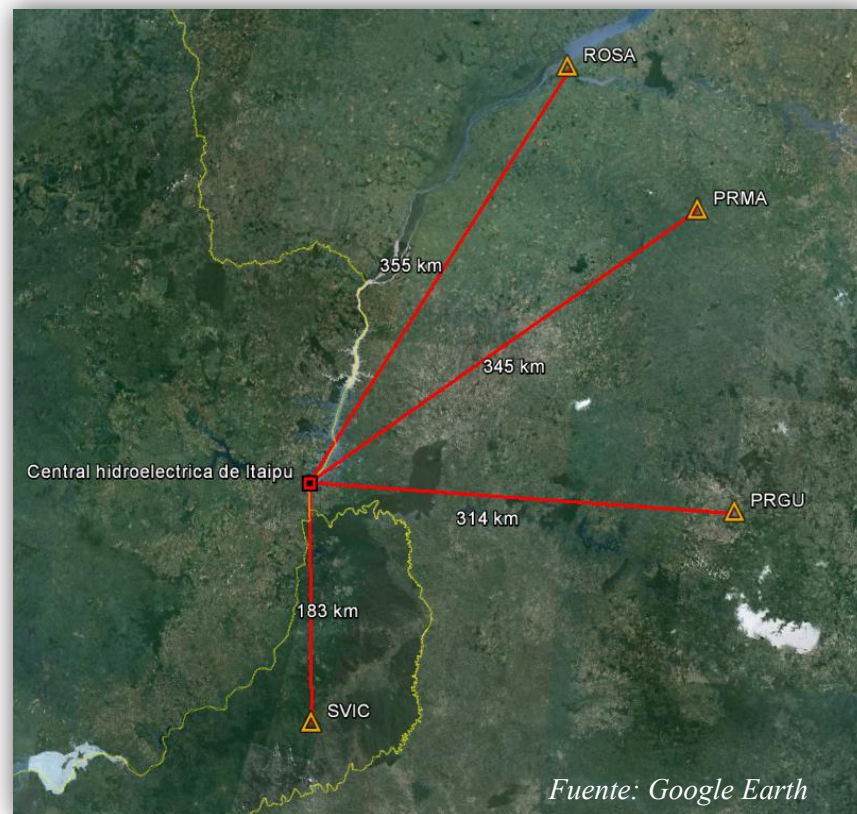


Figura 2.4 Estaciones GNSS de la red SIRGAS-CON finales y las distancias a la red.

#### Elección de vértices auxiliares para la observación de la red local

Durante la etapa de documentación se localizó y verificó la existencia de un vértice con coordenadas SIRGAS en el entorno de Itaipu, pero para que las coordenadas resultantes de nuestra red fuesen rigurosas y se pudiera verificar su fiabilidad se hacía necesario vincularlas a otros dos vértices SIRGAS que a priori no teníamos. La precisión que requieren estos vértices es solo alcanzable con observaciones de larga duración, y es de vital importancia hacer una materialización segura y adecuada a la precisión que se espera de ellos, de ahí que se precisara la utilización de vértices geodésicos dotados del elemento de centrado forzado y que se localizan en el margen izquierdo.

Se procedió al reconocimiento en campo de los vértices dotados de coordenadas en el sistema SIRGAS.

De los tres vértices con coordenadas en el sistema SIRGAS inicialmente elegidos para estacionar nuestra base, solo el 91578 es de utilidad, ya que el 91581 fue destruido en una obra cercana y el 91580 carece de centrado forzado.



Figura 2.5. Ubicación de los vértices a usar como base para la medición de la red.

Por este inconveniente se nos planteó la posibilidad de medir dos nuevos vértices, 10095 y 20095, situados con la disposición que se muestra en la figura 2.5. Se eligieron estas ubicaciones para las nuevas bases por la proximidad a los puntos elegidos en un primer lugar y segundo por la existencia de pilares de hormigón con centrado forzado listos para estacionarse en ellos.

### Red Local

Condiciones a tener en cuenta a la hora de decidir la ubicación de los vértices:

- La distribución sea lo suficientemente densa y lo más homogénea posible, de forma que se pueda realizar el proceso de georreferenciación de los elementos que posteriormente deberán ser incorporados al Sistema de Información Geográfico utilizando equipos convencionales como teodolitos o estaciones totales. Además deberá permitir que en el futuro se pueda hacer una mayor densificación.
- Teniendo en cuenta lo anterior, es imprescindible la intervisibilidad entre vértices de la red, para una futura observación por topografía clásica.

- Horizonte GNSS despejado, sin interferencias, lejos de objetos que produzcan reflexión o interferencia electromagnética. En consecuencia las condiciones óptimas son horizonte despejado 360° y un ángulo de elevación de 10°.
- Que la materialización tenga estabilidad y repetibilidad en el tiempo.

Tras un reconocimiento en campo, se modificó algún punto debido a circunstancias de horizonte despejado o simplemente inaccesibilidad.

La distancia máxima entre puntos es de 2 km y el terreno tiene una orografía no muy abrupta, por lo que sería ideal para poder observar también mediante observaciones clásicas.

Como se muestra en la figura 2.6, el número final de vértices fue de 7, representados por un cuadrado rojo. Por petición del PTI-PY también incluiremos en la campaña de observación un punto de la red geodésica paraguaya con numeración 10086 ITAIPU 1992 DSGM localizado en la barrera de control de acceso al recinto de Itaipu, representado por un triángulo amarillo, con el fin de dotarle de coordenadas, ya que las existentes no constan de ningún tipo de reseña y los datos no son fiables.



Figura 2.6 Ubicación de los vértices de la red local y 10086.



Quedando, por tanto la configuración final de todos los vértices de la siguiente forma:



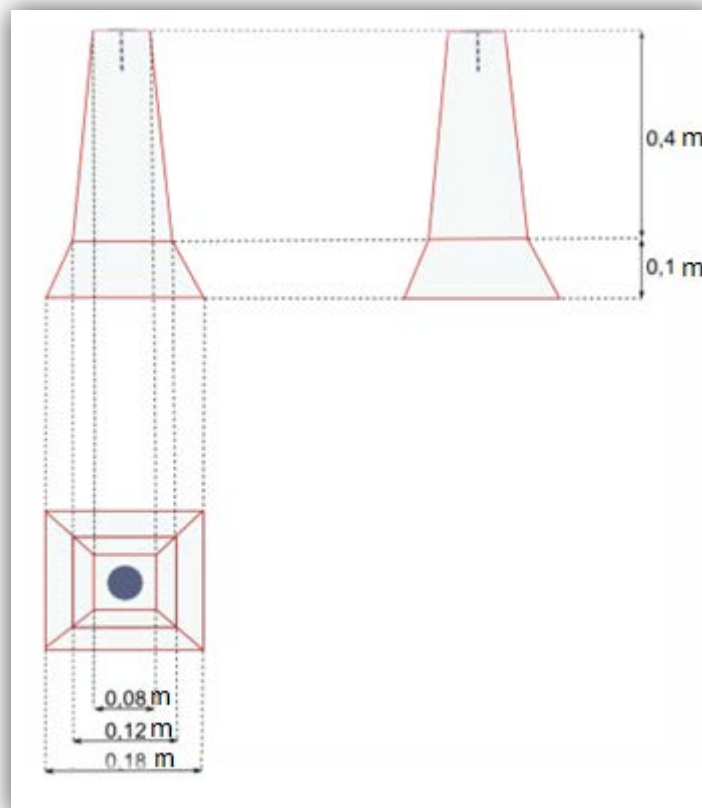
Figura 2.7. Ubicación de los vértices de la red así como los vértices a utilizar de base.

## 2.4 MATERIALIZACIÓN DE LA RED

Tras el diseño de la red se pasó a la materialización.

Teniendo en cuenta la precisión necesaria se utilizó el diseño de los vértices mostrado en la figura 2.8. El diseño fue similar al de la monumentación de la propia red de la presa.

Al finalizar la campaña de observación fueron colocados tres postes de protección a cada vértice, generando un esquema triangular y siempre dejando espacio para la operación del equipo topográfico.



*Figura 2.8. Diseño y esquema de los vértices de hormigón.*



Figura 2.9. Fotografías de los vértices utilizados para la materialización.

Teniendo en cuenta las dimensiones de los mojones y las propiedades del terreno, arcilloso, se optó por enterrarlos 0.4 metros y dejar sobre la superficie 0.1 metros del mismo, y para mejorar su visibilidad en campo se pintaron de rojo y amarillo.

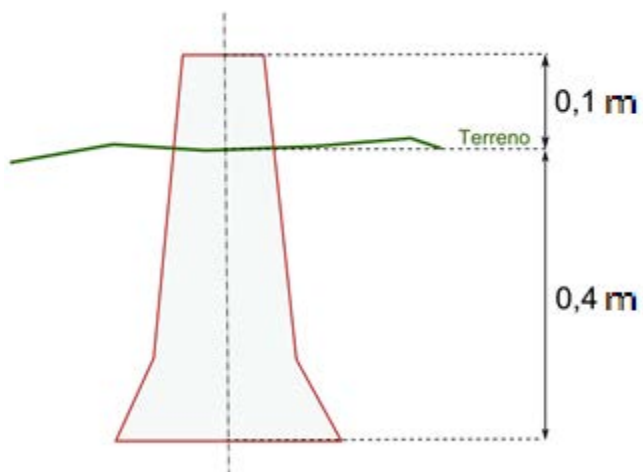


Figura 2.10. Esquema de la posición final con respecto al terreno.

Los vértices fueron colocados en los lugares fijados por el diseño, indicándose dichos emplazamiento a los albañiles. En las imágenes a continuación se muestra los pasos en la materialización de los vértices:



Figura 2.11. Excavación previa.





*Figura 2.12. Excavación previa.*



*Figura 2.13. Enterramiento parcial del mojón.*



*Figuras 2.14. y 2.15. Relleno de hormigón.*



*Figuras 2.16. y 2.17. Proceso de pintura de los vértices.*



*Figura 2.18. Ejemplo posición final de un vértice.*

## 2.5 OBSERVACIÓN DE LA RED

### 2.5.1 Introducción

Una vez realizado el diseño de la Red y la colocación de los vértices a observar, necesitamos estudiar la metodología de observación más adecuada y planificar el procedimiento para la toma de datos en campo.

### 2.5.2 Instrumental

#### FASE 1. Enlace con SIRGAS:

Los equipos instalados en las estaciones permanentes elegidas en el enlace son las siguientes:

- SVIC:

Receptor: Ashtech Z-12 con observables en L1 y L2, instalado el 1 de diciembre de 2008.

Antena: Trimble Zerphyr Geodetic (TRM 41249.00), instalada el 01 de diciembre de 2008.



*Figura 2.19. Antena y receptor de la estación de SVIC.*

- PRMA y PRGU

Receptor: TRIMBLE NetRS

Antena: Trimble Zerphyr Geodetic (TRM 41249.00), instaladas el 08 y el 10 de diciembre de 2008, respectivamente.



*Figura 2.20. Antena y receptor de la estación de PRMA y PRGU.*

- ROSA

Receptor: TRIMBLE NetR5, instalado el 03 de diciembre de 2007 y actualizado el 26 de mayo de 2010.

Antena: ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM 55971-00), instalada El 03 de diciembre de 2007.



*Figura 2.21. Antena y receptor de la estación de ROSA.*



FASE 2.Red local:

Los equipos utilizados en la observación de los vértices de la Red Local y vértices auxiliares de enlace son:

- Dos equipos GPS Leica 500 bifrecuencia. Precisión en post-proceso en modo estático:  
Precisión:  $5\text{mm} + 0.5\text{ ppm}$
- Tres equipos GNSS Leica 1200  
Precisión:  $3\text{mm} + 0.5\text{ ppm}$ .
- Trípodes, elementos de centrado forzoso y baterías externas.

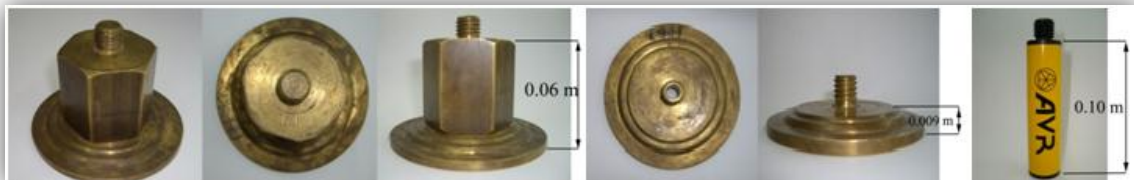


*Figura 2.22.Equipo GPS Leica 500.*



*Figura 2.23.Equipo GPS Leica 1200.*

Los elementos de centrado forzado utilizados son los mostrados en la figura 2.24. Para el estacionamiento sobre 91578 y 20095, vértices de iguales características, se utilizó el elemento K1 cuando se utilizó el equipo Leica 1200 y K2 para el Leica 500, y el elemento K3 para los estacionamientos sobre 10095.



*Figura 2.24. Elementos de centrado forzado K1, K2 y K3*



*Figura 2.25. Algunos ejemplos de los distintos elementos de centrados forzoso y su utilización.*



### 2.5.3 Metodología de observación

El método de observación utilizado fue el estático relativo en post-proceso.

- Estático: receptores no móviles. Se determina la posición de una antena a partir de una serie de observaciones realizadas durante un periodo de tiempo en el que no se sufren desplazamientos superiores a la precisión del sistema.
- Relativo o diferencial: Se determinan las coordenadas de un punto con respecto a otro,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ . Es necesario al menos observar con dos equipos simultáneamente. Se determina la distancia o incremento de distancia entre las antenas de los receptores (diferencia de posición entre ellos). La ventaja de este método es que los errores de posicionamiento, muy similares en ambos puntos, son mayoritariamente eliminados.
- Post-proceso: cálculo y solución a posteriori. La posición del receptor estático se obtiene en postproceso, una vez que se ha observado se calculan las posiciones en gabinete (permite trabajar con efemérides precisas). Se obtienen las posiciones de los puntos de una forma más precisa que en tiempo real.

### CARACTERÍSTICAS DE LAS OBSERVACIONES

- Enlace con SIRGAS

Máscara de elevación → 15°

Intervalos de grabación de datos → 30 segundos

Tiempos de observación en función de las distancias → entre 6 y 8 horas

- Red local

Máscara de elevación → 15°

Intervalos de grabación de datos → 5 segundos

Tiempos de observación en función de las distancias → 1 hora



### 2.5.3 Planificación de la observación

Para el proceso de observación se planificó las observaciones en dos fases diferentes.

#### FASE 1. Enlace a SIRGAS

Esta primera fase consiste en la observación a las estaciones permanentes SIRGAS-CON para el enlace de la red con dicho sistema de referencia. Los días de observación fueron los siguientes:

- Días 18, 19, 20 y 23 de Enero de 2012:

Se estacionó la antena del equipo Leica 500 sobre el vértice 91578 con el elemento de centrado forzoso K2. Se observaron las líneas base desde los vértices SIRGAS: ROSA, PRMA, PRGU y SVIC al vértice 91578. Los tiempos de observación fueron de aproximadamente 6 horas para todos los días exceptuando el día 23 que fueron 8 horas.



Figura 2.26. Líneas base desde 91578 a los vértices de la red SIRGAS-CON.

- Días 24 y 25 de Enero de 2012:

Se estacionó la antena del equipo Leica 500 sobre el vértice 10095 con el elemento de centrado forzoso K3. Se observaron las líneas base de las estaciones SIRGAS a 10095. Los tiempos de observación fueron de aproximadamente 6 horas para todos los días exceptuando el día 23 que fueron 8 horas.



Figura 2.27. Líneas base desde 10095 a los vértices de la red SIRGAS-CON.

- Día 26 de Enero de 2012:

Se estacionó una antena del equipo GNSS Leica 1200 sobre el vértice 91578 y otra de las antenas en el vértice 20095 mediante el elemento de centrado forzoso K1. Los tiempos de observación fueron de aproximadamente 7 horas de duración.



Figura 2.28. Líneas base desde 91578 y 20095 a los vértices de la red SIRGAS-CON.



- Días 07, 08 y 09 de Febrero de 2012:

Se estacionó el equipo Leica 1200 sobre el vértice 20095 con el elemento de centrado forzoso K1. Observación de duración 6 horas cada día excepto el 08 de Febrero de 2 horas de duración.



Figura 2.29. Líneas base desde 20095 a los vértices de la red SIRGAS-CON.

## FASE 2. Observación de la red

Para poder tener repetibilidad en los puntos de la red se realizó el estacionamiento tres veces en días diferentes y desde estaciones diferentes.

La observación de la red se realizó de acuerdo al siguiente esquema:

- PRIMERA CAMPAÑA 18 DE ENERO 2012- 20 DE ENERO DE 2012:

Desde el vértice 91578 se realizó una primera campaña GPS con el equipo Leica 500 que duró 3 días. Se situó una antena del equipo en el vértice existente mediante un elemento de centrado forzoso K2 sumando al conjunto una altura de 9 mm a tener en



Figura 2.30. Líneas base desde 91578 a los vértices de la red local.

cuenta, y otra antena sobre cada vértice de nueva implantación 1001-1007 y 10086 durante un periodo de una hora.

- DIA 23 DE ENERO DE 2012:

Se estacionó una antena del equipo GPS Leica 500 sobre el vértice 91578 y otra antena sobre el vértice 10095 y que mediante el elemento de centrado forzoso K3, se realizó una observación de larga duración, en total 8 horas.



*Figura 2.31. Línea base desde 91578 al vértice 10095 local.*

- SEGUNDA CAMPAÑA 24 DE ENERO DE 2012- 25 ENERO DE 2012:

Se ubicó en el nuevo vértice 10095 la antena del equipo GPS Leica 500 con el elemento de centrado forzoso K3 y otra antena sobre cada vértice de nueva implantación 1001-1007 y 10086 durante un periodo de una hora, empleando en total dos días para realizar la campaña.



*Figura 2.32. Líneas base desde 91578 a los vértices de la red local.*



- DIA 26 DE ENERO DE 2012:

En esta ocasión se disponía de tres equipos GNSS Leica 1200 por lo que se procedió colocando una de las antenas sobre el vértice 91578 ayudado del elemento de centrado K1, otra de las antenas en el vértice 10095, ayudado por el elemento de centrado forzoso K1, y la tercera antena en el tercer vértice 20095 junto con el elemento de centrado forzoso K1. Observación de larga duración, 8 horas.



Figura 2.33. Lineas base entre los vértices 91578, 20095 y 10095.

- TERCERA CAMPAÑA 07 DE FEBRERO DE 2012- 09 DE FEBRERO DE 2012:

Se estacionó la antena GNSS Leica 1200 en el vértice 20095 con el elemento de centrado forzoso K1 y las otras dos antenas sobre los vértices de nueva implantación 1001-1007 y 10086. Observación durante una hora en cada uno de ellos.

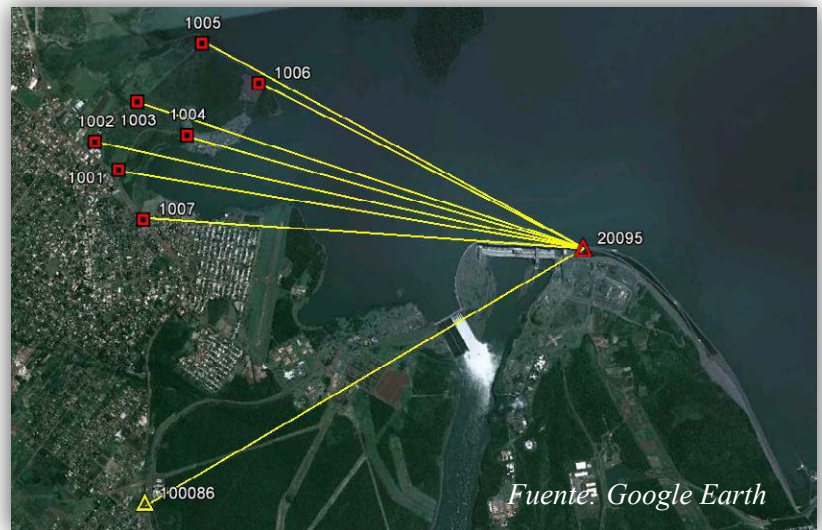


Figura 2.34. Lineas base desde 91578 a los vértices de la red local.



### 3. CÁLCULO GNSS

Finalizada la fase de observación, se procedió al procesado y posterior ajuste de los datos obtenidos en campo. Para ello se decidió la utilización del software de procesamiento GNSS Leica Geo Office.

#### 3.1 Cálculo de las coordenadas de los vértices de enlace en la época de observación

Para el procesamiento GNSS y cálculo de coordenadas finales de nuestra red, las coordenadas de las estaciones de enlace de la red SIRGAS-CON deben estar en la época de observación. Hay que referir las coordenadas de las estaciones SIRGAS-CON de la época de referencia, 2005,0 (ITRF2008) a la época de observación, que en nuestro caso es 2012,1. Para ello utilizamos el Modelo de Velocidades VEMOS2009.

Las coordenadas en ITRF2008 en la época 2005,0, son las mostradas en la tabla 3.1, tomadas de la solución multianual de la red SIRGAS-CON

| ESTACIÓN | X(m)        | Y(m)         | Z(m)         |
|----------|-------------|--------------|--------------|
| PRGU     | 3590927,118 | -4512405,642 | -2718013,296 |
| PRMA     | 3610720,838 | -4611288,407 | -2518636,287 |
| ROSA     | 3551520,499 | -4704836,148 | -2428155,654 |
| SVIC     | 3303870,057 | -4629721,635 | -2877846,049 |

Tabla 3.1 Coordenadas ITRF08, época 2005,0 de las estaciones SIRGAS-CON

Según el modelo VEMOS2009, la variación de las coordenadas entre el intervalo de tiempo origen y de observación es la siguiente:

| ESTACIÓN | $\Delta X(\text{m/año})$ | $\Delta Y(\text{m/año})$ | $\Delta Z(\text{m/año})$ |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PRGU     | 0,001                    | -0,008                   | 0,009                    |
| PRMA     | -0,001                   | -0,006                   | 0,013                    |
| ROSA     | -0,001                   | -0,001                   | 0,008                    |
| SVIC     | -0,003                   | -0,005                   | 0,008                    |

Tabla 3.2 Variación de las velocidades de las estaciones SIRGAS



## ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ (PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



Las coordenadas resultantes de las estaciones SIRGAS-CON referidas a ITRF08, época de observación 2012,1, se muestran en la tabla 3.3:

| ESTACIÓN | X(m)        | Y(m)         | Z(m)         |
|----------|-------------|--------------|--------------|
| PRGU     | 3590927,128 | -4512405,701 | -2718013,234 |
| PRMA     | 3610720,835 | -4611288,446 | -2518636,199 |
| ROSA     | 3551520,495 | -4704836,158 | -2428155,595 |
| SVIC     | 3303870,038 | -4629721,671 | -2877845,991 |

*Tabla 3.3 Coordenadas ITRF08, época 2012.1 de las estaciones SIRGAS*

### 3.2 Preparación de los datos

Antes de empezar con la creación del trabajo se descargaron las efemérides precisas de los satélites desde la página del IGS (International GNSS Service) para los días de medición. El IGS publica los datos catorce días después del día de observación, hasta entonces se ponen a disposición unas efemérides provisionales, aproximadas. También se descargaron los ficheros ANTEX de calibración de las antenas de las estaciones de la red SIRGAS-CON y de las antenas Leica utilizadas para las observaciones de la red, desde la página del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

También se descargaron las observaciones GNSS de la página web del Instituto Geográfico Nacional de Argentina (IGN) y del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) para los días de observación del enlace.

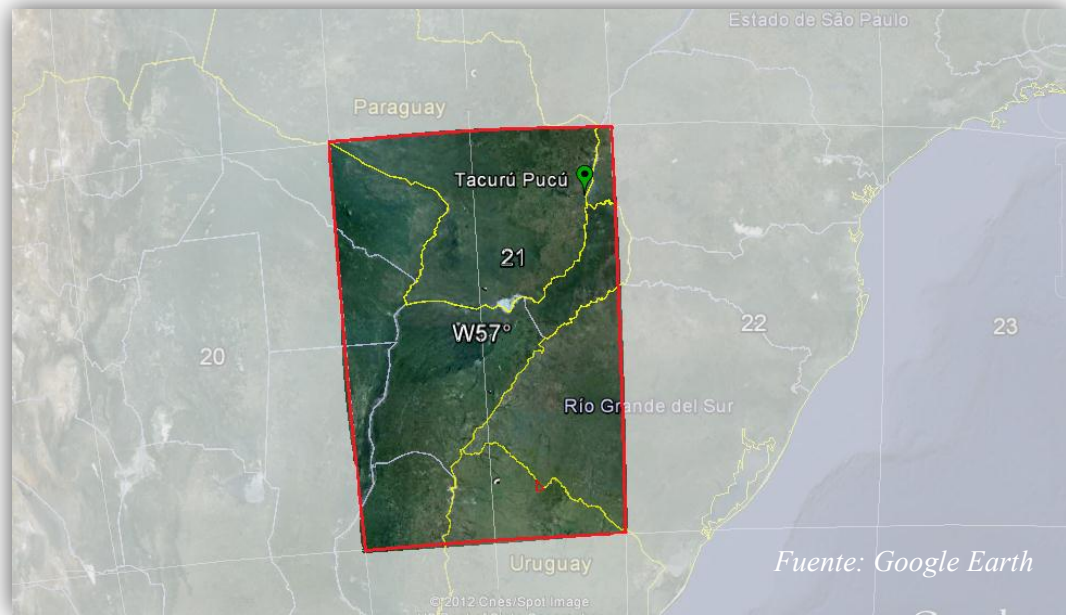
Se verificó que los tiempos de observación, las alturas de las antenas y el tipo de antena eran correctos.



## ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ (PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



Para comenzar el cálculo del enlace con SIRGAS y de las coordenadas de los vértices de nuestra red se procedió a la importación de los datos crudos y se creó un sistema de coordenadas denominado UTM21\_SIRGAS, al cual le asociamos el elipsoide GRS80 de parámetros semieje mayor: 6378137 metros y achatamiento 1/f: 298.25722210088 metros, y por último le añadimos una proyección UTM en el huso 21, meridiano central 57° Sur.



*Figura 3.1. Huso 21 y banda J de la proyección UTM, meridiano central 57° S.*



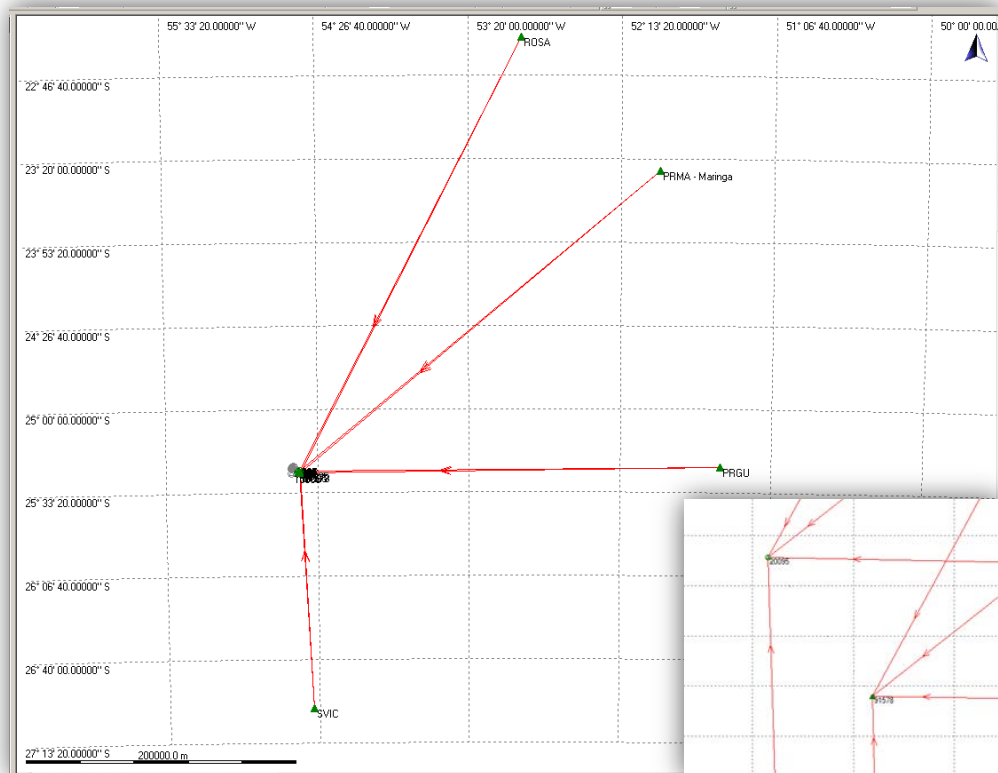
### 3.3 Cálculo de coordenadas aproximadas y líneas base

En este apartado se realiza el procesamiento de datos GNSS obteniéndose las líneas base de todas las observaciones y el posterior ajuste por mínimos cuadrados de las observaciones para las diferentes fases en que se ha dividido el cálculo.

En el procesamiento se optó por el procesamiento automático ya que el programa calcula todas las líneas base posibles entre las observaciones con solape.

#### FASE 1. Enlace con SIRGAS

En primer lugar procesamos las observaciones desde los tres vértices que vamos a utilizar como bases, 91578, 20095 y 10095, con las estaciones SIRGAS-CON, para dotarles de coordenadas ITRF2008:



*Figura 3.2. Líneas base generadas a partir de los vértices de la red SIRGAS-CON a las bases de la red, 91578, 20095 y 10095.*

Al ser el vértice 10095 el que menos tiempo de observación tenemos, no podemos enlazarlo directamente con las estaciones SIRGAS-CON pues la precisión absoluta que obtenemos es peor de 5 cm. Por lo que vamos a realizar el enlace a SIRGAS-CON solo desde los vértices 91578 y 20095.



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



Las líneas base obtenidas son 17, se muestran en la tabla 3.4. No se tuvieron en cuenta para el cálculo de coordenadas las observaciones menores a 6 horas.

| Id Referencia | Id Móvil | Duración   | dLat               | dLon               | dAlt     | Q Posic(m). | Q Alt.(m) | Post + Q Alt.(m) | Distancia geométrica (m) | Desv. Est. Dist. Geométrica (m) |
|---------------|----------|------------|--------------------|--------------------|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| PRGU          | 91578    | 6h 08' 45" | - 2' 09.45365"     | - 3° 04' 51.94796" | -811,873 | 0,001       | 0,001     | 0,001            | 310.038                  | 0,000                           |
| SVIC          | 91578    | 6h 08' 45" | 1° 34' 25.52499"   | - 4' 52.15348"     | -321,961 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 174.553                  | 0,000                           |
| PRMA          | 91578    | 6h 25' 00" | - 2° 00' 36.97076" | - 2° 37' 48.90106" | -312,115 | 0,001       | 0,001     | 0,002            | 347.442                  | 0,001                           |
| PRGU          | 91578    | 6h 25' 00" | - 2' 09.45359"     | - 3° 04' 51.94792" | -811,838 | 0,001       | 0,001     | 0,001            | 310.038                  | 0,000                           |
| ROSA          | 91578    | 6h 25' 00" | - 2° 53' 47.95507" | - 1° 36' 59.70938" | -68,459  | 0,001       | 0,002     | 0,002            | 360.508                  | 0,001                           |
| SVIC          | 91578    | 6h 22' 15" | 1° 34' 25.52509"   | - 4' 52.15365"     | -322,002 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 174.553                  | 0,000                           |
| PRMA          | 91578    | 8h 35' 00" | - 2° 00' 36.97075" | - 2° 37' 48.90121" | -312,091 | 0,001       | 0,002     | 0,002            | 347.442                  | 0,001                           |
| PRGU          | 91578    | 8h 35' 00" | - 2' 09.45369"     | - 3° 04' 51.94824" | -811,840 | 0,001       | 0,001     | 0,001            | 310.038                  | 0,001                           |
| ROSA          | 91578    | 8h 35' 00" | - 2° 53' 47.95513" | - 1° 36' 59.70897" | -68,395  | 0,001       | 0,002     | 0,002            | 360.508                  | 0,001                           |
| SVIC          | 91578    | 8h 35' 00" | 1° 34' 25.52528"   | - 4' 52.15335"     | -321,948 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 174.553                  | 0,000                           |
| PRMA          | 91578    | 7h 55' 45" | - 2° 00' 36.97032" | - 2° 37' 48.90058" | -312,206 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 347.442                  | 0,000                           |
| PRGU          | 91578    | 7h 55' 45" | - 2' 09.45361"     | - 3° 04' 51.94735" | -811,877 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 310.038                  | 0,000                           |
| PRGU          | 20095    | 6h 24' 30" | - 1' 34.09647"     | - 3° 05' 22.25524" | -811,845 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 310.885                  | 0,000                           |
| PRMA          | 20095    | 5h 59' 00" | - 2° 00' 01.61369" | - 2° 38' 19.20842" | -312,046 | 0,001       | 0,002     | 0,002            | 347.411                  | 0,001                           |
| PRGU          | 20095    | 1h 58' 15" | - 1' 34.09654"     | - 3° 05' 22.25589" | -811,833 | 0,001       | 0,002     | 0,002            | 310.885                  | 0,001                           |
| SVIC          | 20095    | 1h 57' 45" | 1° 35' 00.88150"   | - 5' 22.46066"     | -321,924 | 0,001       | 0,002     | 0,002            | 175.680                  | 0,001                           |
| SVIC          | 20095    | 5h 41' 45" | 1° 35' 00.88212"   | - 5' 22.46107"     | -321,971 | 0,001       | 0,001     | 0,001            | 175.680                  | 0,000                           |

Tabla 3.4 Líneas base generadas a partir de PRGU, SVIC, PRMA y ROSA.

Las coordenadas aproximadas de los vértices 91578 y 20095 son:

| ESTACIÓN | Latitud            | Longitud           | Altura  | Desv. Est. Latitud | Desv. Est. Longitud | Desv. Est. Altura |
|----------|--------------------|--------------------|---------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 91578    | 25° 25' 11.84287"S | 54° 34' 07.22850"W | 231.261 | 0.005              | 0.005               | 0.009             |
| 20095    | 25° 24' 36.48572"S | 54° 34' 37.53650"W | 231.276 | 0.001              | 0.001               | 0.002             |

Tabla 3.5 Coordenadas aproximadas de 91578 y 20095.

## FASE 2 Cálculo de la red

Una vez realizado el enlace con SIRGAS fijamos el punto 91578 ya que era el de mejor precisión y se procedió a dar coordenadas al punto 10086. A partir de 10086 calculamos las coordenadas del punto auxiliar 10095.

Línea base generada:

| Id Referencia | Id Móvil | Duración | dLat      | dLon         | dAlt     | Q Posic(m). | Q Alt.(m) | Post + Q Alt.(m) | Distancia geométrica (m) | Desv. Est. Dist. Geométrica (m) |
|---------------|----------|----------|-----------|--------------|----------|-------------|-----------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 10086         | 10095    | 59' 55"  | 31.07737" | 2' 52.06664" | -507.713 | 0.000       | 0.000     | 0.001            | 49.029.011               | 0.000                           |

Tabla 3.6 Líneas base generadas de 10086 a 10095.

Coordenadas aproximadas de 10095:

| ESTACIÓN | Latitud            | Longitud           | Altura  | Desv. Est. Latitud | Desv. Est. Longitud | Desv. Est. Altura |
|----------|--------------------|--------------------|---------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 10095    | 25° 25' 14.96684"S | 54° 35' 25.77309"W | 178.635 | 0.000              | 0.000               | 0.000             |

Tabla 3.7 Coordenadas aproximadas de 91578 y 20095.

Con el punto 91578 fijo procedemos a calcular todas las líneas base de los tiempos comunes desde los vértices 91578, 10095 y 20095.

Procesamiento de los vértices de la red:

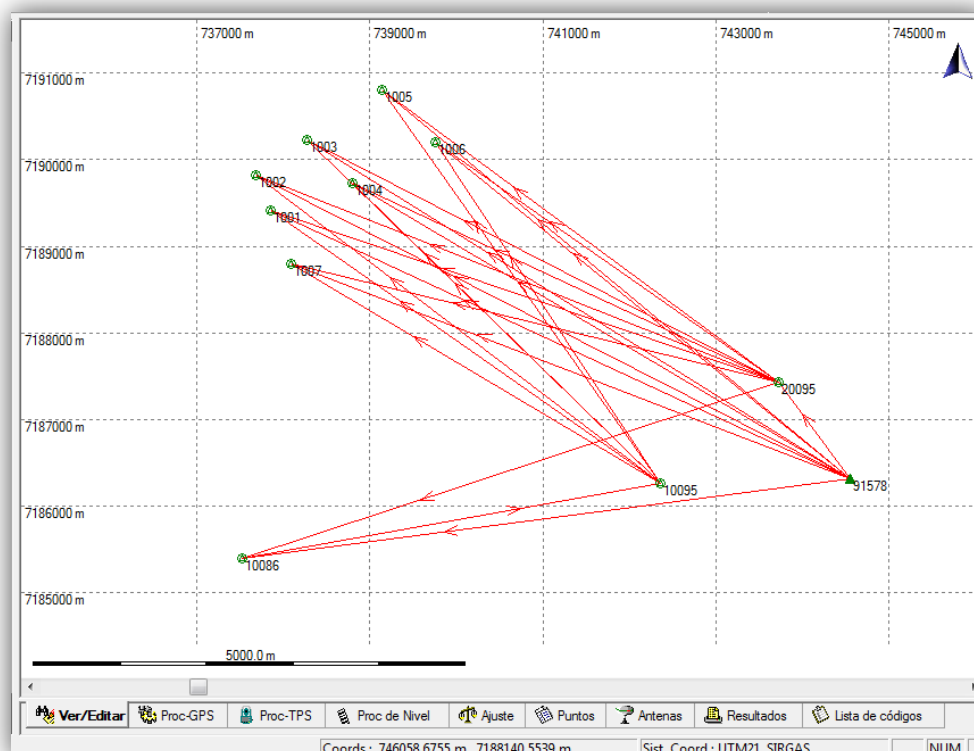


Figura 3.4. Veinticinco líneas bases generadas desde las bases a los vértices de La red 1001-1007 y 10086.



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



El listado de líneas base es el que se muestra a continuación:

| Id Referencia | Id Móvil | Duración   | dLat           | dLon           | dAlt   | Q Posic(m). | Q Alt.(m) | Post + Q Alt.(m) | Distancia geométrica (m) | Desv. Est. Dist. Geométrica (m) |
|---------------|----------|------------|----------------|----------------|--------|-------------|-----------|------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 91578         | 1002     | 1h 03' 25" | 1' 49.78329"   | - 4' 08.04412" | 18,550 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 7.712                    | 0,0002                          |
| 91578         | 1007     | 1h 02' 00" | 1' 16.82899"   | - 3' 52.79897" | 0,831  | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 6.923                    | 0,0001                          |
| 91578         | 1003     | 1h 01' 05" | 2' 03.22668"   | - 3' 46.82655" | 12,589 | 0,000       | 0,000     | 0,000            | 7.387                    | 0,0001                          |
| 91578         | 1005     | 1h 03' 15" | 2' 22.57740"   | - 3' 16.26856" | -4,723 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 7.025                    | 0,0002                          |
| 91578         | 1006     | 1h 00' 20" | 2' 03.39486"   | - 2' 53.76511" | -4,466 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 6.165                    | 0,0001                          |
| 91578         | 1004     | 1h 03' 40" | 1' 47.12918"   | - 3' 28.09708" | 5,508  | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 6.686                    | 0,0002                          |
| 91578         | 1001     | 59' 55"    | 1' 36.46350"   | - 4' 01.47256" | 10,919 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 7.373                    | 0,0003                          |
| 91578         | 10086    | 1h 00' 20" | -34.20109"     | - 4' 10.61019" | -1,808 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 7.082                    | 0,0003                          |
| 20095         | 1002     | 1h 00' 25" | 1' 14.42593"   | - 3' 37.73623" | 18,498 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 6.503                    | 0,0002                          |
| 20095         | 1004     | 1h 03' 00" | 1' 11.77199"   | - 2' 57.78894" | 5,490  | 0,000       | 0,000     | 0,000            | 5.438                    | 0,0001                          |
| 20095         | 1001     | 1h 11' 55" | 1' 01.10593"   | - 3' 31.16464" | 10,933 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 6.195                    | 0,0002                          |
| 20095         | 1007     | 1h 01' 20" | 41.47162"      | - 3' 22.49103" | 0,807  | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 5.802                    | 0,0002                          |
| 20095         | 1005     | 1h 00' 10" | 1' 47.22031"   | - 2' 45.96146" | -4,781 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 5.693                    | 0,0003                          |
| 20095         | 1003     | 1h 00' 45" | 1' 27.86936"   | - 3' 16.51861" | 12,531 | 0,001       | 0,001     | 0,001            | 6.123                    | 0,0004                          |
| 20095         | 1006     | 1h 00' 45" | 1' 28.03759"   | - 2' 23.45734" | -4,509 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 4.839                    | 0,0002                          |
| 20095         | 10086    | 1h 01' 15" | - 1' 09.55820" | - 3' 40.30363" | -1,870 | 0,000       | 0,000     | 0,001            | 6.518                    | 0,0002                          |
| 10095         | 1007     | 1h 00' 20" | 1' 19.95270"   | - 2' 34.25428" | 53,462 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 4.964                    | 0,0003                          |
| 10095         | 1001     | 1h 14' 30" | 1' 39.58730"   | - 2' 42.92827" | 63,535 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 5.489                    | 0,0002                          |
| 10095         | 1002     | 1h 00' 50" | 1' 52.90737"   | - 2' 49.49989" | 71,151 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 5.875                    | 0,0003                          |
| 10095         | 1003     | 1h 01' 05" | 2' 06.35040"   | - 2' 28.28161" | 65,200 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 5.683                    | 0,0003                          |
| 10095         | 1005     | 1h 01' 15" | 2' 25.70182"   | - 1' 57.72443" | 47,849 | 0,000       | 0,000     | 0,000            | 5.562                    | 0,0001                          |
| 10095         | 1006     | 1h 05' 50" | 2' 06.51857"   | - 1' 35.22011" | 48,169 | 0,000       | 0,000     | 0,001            | 4.716                    | 0,0002                          |
| 10095         | 1004     | 1h 00' 40" | 1' 50.25242"   | - 2' 09.55196" | 58,127 | 0,000       | 0,001     | 0,001            | 4.962                    | 0,0002                          |

Tabla 3.8 Líneas base generadas a partir de 91578, 20095 y 10095 a los vértices de la red local..

Las coordenadas aproximadas de los puntos de la red se muestran a continuación:

| ESTACIÓN | Latitud            | Longitud           | Altura  | Desv. Est. Latitud | Desv. Est. Longitud | Desv. Est. Altura |
|----------|--------------------|--------------------|---------|--------------------|---------------------|-------------------|
| 1001     | 25° 23' 35.37984"S | 54° 38' 08.70122"W | 242.175 | 0.007              | 0.002               | 0.011             |
| 1002     | 25° 23' 22.05988"S | 54° 38' 15.27278"W | 249.780 | 0.007              | 0.002               | 0.009             |
| 1003     | 25° 23' 08.61632"S | 54° 37' 54.05505"W | 243.827 | 0.003              | 0.003               | 0.008             |
| 1004     | 25° 23' 24.71405"S | 54° 37' 35.32545"W | 236.756 | 0.006              | 0.004               | 0.003             |
| 1005     | 25° 22' 49.26524"S | 54° 37' 23.49751"W | 226.491 | 0.007              | 0.005               | 0.009             |
| 1006     | 25° 23' 08.44823"S | 54° 37' 00.99356"W | 226.783 | 0.004              | 0.005               | 0.012             |
| 1007     | 25° 23' 55.01410"S | 54° 38' 00.02753"W | 232.077 | 0.005              | 0.001               | 0.006             |
| 10086    | 25° 25' 46.04422"S | 54° 38' 17.83973"W | 229.406 | 0.004              | 0.018               | 0.015             |

Tabla 3.9 Coordenadas aproximadas de los vértices de la red local.



### 3.4 Ajuste MM.CC. de las observaciones y obtención de coordenadas ajustadas y sus precisiones.

#### FASE 1. Enlace con SIRGAS

Se realizó un ajuste de las líneas base generadas para el cálculo del enlace con SIRGAS-CON, dejando fijas las coordenadas en la época de observación de las estaciones permanentes.

Los residuales de las observaciones son:

| Estación | Pto visado | Vector ajus. [m] | Resid [m] | Resid [ppm] |
|----------|------------|------------------|-----------|-------------|
| PRMA     | 20095      | 347411.351       | 0.029     | 0.1         |
| ROSA     | 20095      | 359935.742       | 0.034     | 0.1         |
| PRMA     | 91578      | 347442.265       | 0.042     | 0.1         |
| PRMA     | 91578      | 347442.265       | 0.036     | 0.1         |
| PRGU     | 20095      | 310884.955       | 0.016     | 0.1         |
| PRGU     | 20095      | 310884.955       | 0.037     | 0.1         |
| SVIC     | 20095      | 175680.206       | 0.045     | 0.3         |
| SVIC     | 20095      | 175680.206       | 0.034     | 0.2         |
| ROSA     | 91578      | 360507.679       | 0.043     | 0.1         |
| ROSA     | 91578      | 360507.679       | 0.045     | 0.1         |
| ROSA     | 91578      | 360507.679       | 0.039     | 0.1         |
| SVIC     | 91578      | 174552.529       | 0.034     | 0.2         |
| SVIC     | 91578      | 174552.529       | 0.029     | 0.2         |
| SVIC     | 91578      | 174552.529       | 0.050     | 0.3         |
| PRGU     | 91578      | 310037.606       | 0.026     | 0.1         |
| PRGU     | 91578      | 310037.606       | 0.054     | 0.2         |
| PRGU     | 91578      | 310037.606       | 0.057     | 0.2         |
| PRGU     | 91578      | 310037.606       | 0.012     | 0.0         |

Tabla 3.10. Residuales del vector de línea base GNSS.

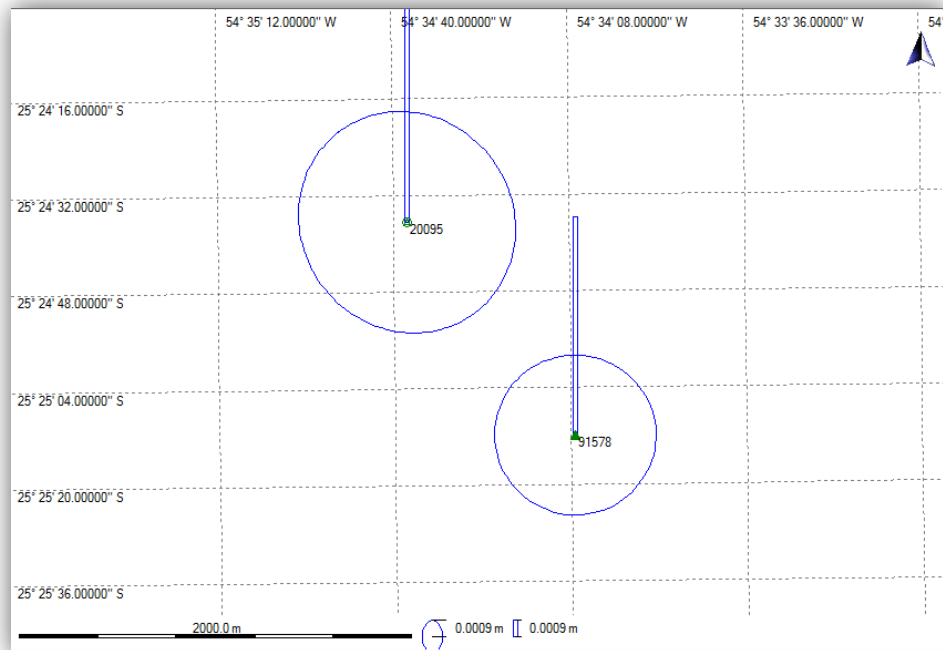
Los parámetros de las elipses de error absolutas al 65% son:

| Estación | A [m] | B [m] | A/B | Phi  | Desv. Est. Alt [m] |
|----------|-------|-------|-----|------|--------------------|
| 20095    | 0.007 | 0.006 | 1.1 | -37° | 0.017              |
| 91578    | 0.004 | 0.004 | 1.0 | 53°  | 0.011              |

Tabla 3.11. Parámetros de la elipses de error absolutas..



Y su representación:



*Figura 3.5. Representación de las elipses de error absolutas del enlace con SIRGAS.*



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



FASE 2. Cálculo de la red

Se procedió a realizar un ajuste de todas las líneas base generadas para el cálculo de los vértices de la red local, dejando fijas las coordenadas del vértice de enlace 91578

Los residuales obtenidos del ajuste del vector de línea base GNSS

| Estación | Pto visado | Vector<br>ajus. [m] | Resid [m] | Resid [ppm] |
|----------|------------|---------------------|-----------|-------------|
| 10095    | 1007       | 4964.180            | 0.011     | 2.2         |
| 10095    | 1006       | 4716.326            | 0.014     | 3.0         |
| 10095    | 1005       | 5561.741            | 0.009     | 1.6         |
| 10095    | 1004       | 4962.449            | 0.018     | 3.6         |
| 10095    | 1003       | 5683.251            | 0.007     | 1.3         |
| 10095    | 1002       | 5875.466            | 0.014     | 2.4         |
| 10095    | 1001       | 5489.308            | 0.016     | 2.8         |
| 91578    | 20095      | 1378.887            | 0.000     | 0.2         |
| 91578    | 10086      | 7082.106            | 0.042     | 6.0         |
| 91578    | 1007       | 6922.756            | 0.008     | 1.1         |
| 91578    | 1006       | 6165.047            | 0.011     | 1.7         |
| 91578    | 1005       | 7024.692            | 0.038     | 5.4         |
| 91578    | 1004       | 6685.643            | 0.016     | 2.4         |
| 91578    | 1003       | 7387.471            | 0.004     | 0.6         |
| 91578    | 1002       | 7712.237            | 0.007     | 0.9         |
| 91578    | 1001       | 7373.081            | 0.018     | 2.5         |
| 20095    | 10086      | 6518.232            | 0.010     | 1.5         |
| 20095    | 1007       | 5801.775            | 0.004     | 0.6         |
| 20095    | 1006       | 4839.292            | 0.020     | 4.1         |
| 20095    | 1005       | 5692.717            | 0.016     | 2.7         |
| 20095    | 1004       | 5438.126            | 0.004     | 0.8         |
| 20095    | 1003       | 6122.523            | 0.021     | 3.4         |
| 20095    | 1002       | 6502.731            | 0.013     | 1.9         |
| 20095    | 1001       | 6194.560            | 0.033     | 5.3         |
| 10086    | 10095      | 4902.898            | 0.005     | 1.0         |

*Tabla 3.12. Residuales del vector de línea base GNSS.*

Los parámetros de las elipses de error absolutas al 65% son:

| Estación | A [m] | B [m] | A/B  | Phi  | Desv. Est. Alt [m] |
|----------|-------|-------|------|------|--------------------|
| 1001     | 0,005 | 0,004 | 1,1- | 28°  | 0,012              |
| 1002     | 0,004 | 0,004 | 1,1  | -36° | 0,011              |
| 1003     | 0,004 | 0,004 | 1,0  | 89°  | 0,011              |
| 1004     | 0,004 | 0,003 | 1,2  | -18° | 0,008              |
| 1005     | 0,005 | 0,004 | 1,1  | -66° | 0,012              |
| 1006     | 0,003 | 0,003 | 1,0  | -56° | 0,010              |
| 1007     | 0,004 | 0,004 | 1,0  | -74° | 0,011              |
| 10086    | 0,004 | 0,004 | 1,1  | -52° | 0,010              |
| 10095    | 0,003 | 0,003 | 1,1  | -41° | 0,008              |
| 20095    | 0,001 | 0,001 | 1,0  | -38° | 0,003              |

Tabla 3.13. Parámetros de la elipses de error absolutas..

Y su representación:

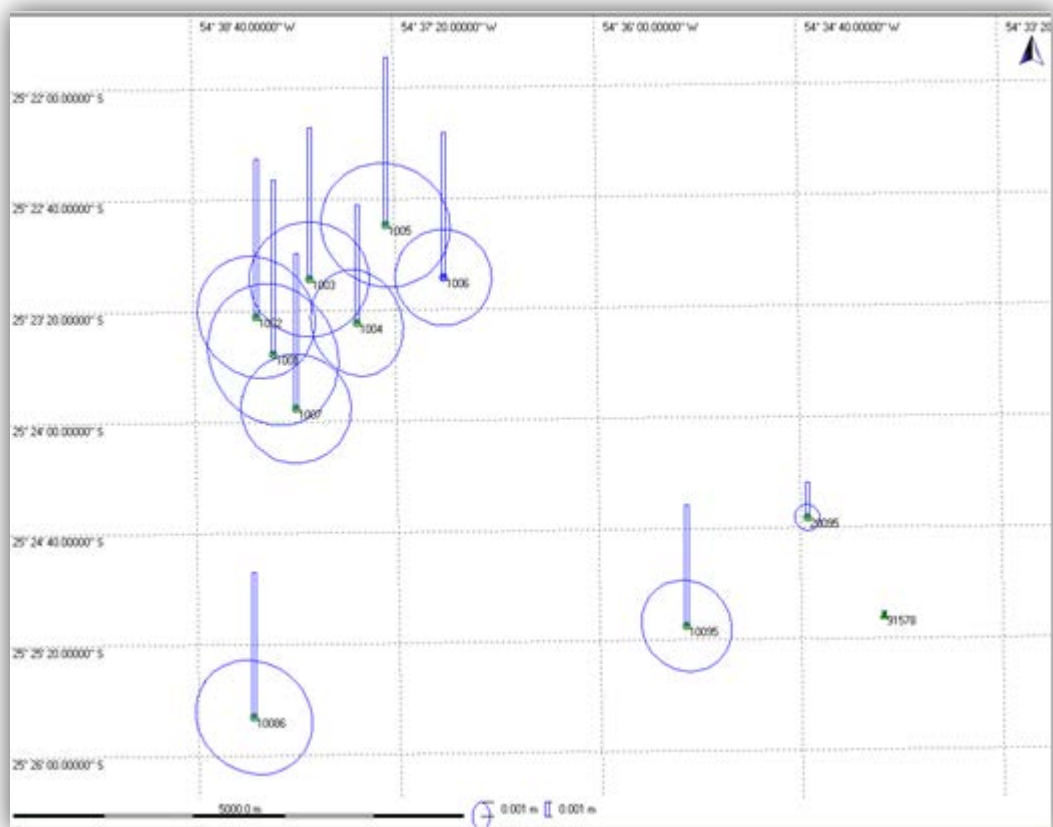


Figura 3.6. Representación de las elipses de error absolutas de los vértices de la red local.



## 4. RESULTADOS

El listado de coordenadas finales y precisiones de los vértices de la red es el siguiente:

### Coordenadas Geodésicas en ITRF08, época 2012,1 y sus precesiones:

| PUNTOS | $\phi$              | $\lambda$           | h(m)     | $\sigma\phi$ (m) | $\sigma\lambda$ (m) | $\sigma h$ (m) |
|--------|---------------------|---------------------|----------|------------------|---------------------|----------------|
| 1001   | 25° 23' 35.37966" S | 54° 38' 08.70132" W | 242,177  | 0,005            | 0,005               | 0,012          |
| 1002   | 25° 23' 22.05965" S | 54° 38' 15.27280" W | 249,785  | 0,004            | 0,004               | 0,011          |
| 1003   | 25° 23' 08.61629" S | 54° 37' 54.05510" W | 243,827  | 0,004            | 0,004               | 0,011          |
| 1004   | 25° 23' 24.71385" S | 54° 37' 35.32545" W | 236,764  | 0,004            | 0,003               | 0,008          |
| 1005   | 25° 22' 49.26512" S | 54° 37' 23.49764" W | 226,485  | 0,004            | 0,005               | 0,012          |
| 1006   | 25° 23' 08.44814" S | 54° 37' 00.99359" W | 226,785  | 0,003            | 0,003               | 0,010          |
| 1007   | 25° 23' 55.01400" S | 54° 38' 00.02753" W | 232,080  | 0,004            | 0,004               | 0,011          |
| 10086  | 25° 25' 46.04401" S | 54° 38' 17.83981" W | 229,403  | 0,004            | 0,004               | 0,010          |
| 10095  | 25° 25' 14.96674" S | 54° 35' 25.77326" W | 178,629  | 0,003            | 0,003               | 0,008          |
| 20095  | 25° 24' 36.48571" S | 54° 34' 37.53650" W | 231,275  | 0,001            | 0,001               | 0,003          |
| 91578  | 25° 25' 11.84294" S | 54° 34' 07.22859" W | 231,241  | 0,004            | 0,004               | 0,012          |
| PRGU   | 25° 23' 02.38937" S | 51° 29' 15.28133" W | 1043,141 | 0,000            | 0,000               | 0,000          |
| PRMA   | 23° 24' 34.87301" S | 51° 56' 18.32821" W | 543,342  | 0,000            | 0,000               | 0,000          |
| ROSA   | 22° 31' 23.88875" S | 52° 57' 07.51923" W | 299,680  | 0,000            | 0,000               | 0,000          |
| SVIC   | 26° 59' 37.36737" S | 54° 29' 15.07444" W | 553,238  | 0,000            | 0,000               | 0,000          |

Tabla 4.1. Coordenadas geodésicas finales y desviaciones estándar.

### Coordenadas Cartesianas en ITRF08, época 2012,1 y sus precisiones

| PUNTOS | X(m)        | Y(m)         | Z(m)         | $\sigma X$ (m) | $\sigma Y$ (m) | $\sigma Z$ (m) |
|--------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| 1001   | 3337023,360 | -4701858,434 | -2718587,037 | 0,008          | 0,010          | 0,007          |
| 1002   | 3336979,261 | -4702113,689 | -2718219,998 | 0,007          | 0,009          | 0,006          |
| 1003   | 3337562,481 | -4701910,645 | -2717843,701 | 0,007          | 0,008          | 0,005          |
| 1004   | 3337862,773 | -4701429,179 | -2718288,203 | 0,005          | 0,006          | 0,005          |
| 1005   | 333839,774  | -4701611,506 | -2717298,262 | 0,008          | 0,009          | 0,006          |
| 1006   | 3338764,304 | -4701041,160 | -2717831,721 | 0,006          | 0,007          | 0,006          |
| 1007   | 3337065,815 | -4701499,356 | -2719128,529 | 0,007          | 0,008          | 0,006          |
| 10086  | 3335809,789 | -4700589,742 | -2722213,479 | 0,006          | 0,008          | 0,006          |
| 10095  | 3339941,202 | -4698102,635 | -2721327,964 | 0,005          | 0,007          | 0,005          |
| 20095  | 3341361,932 | -4697774,331 | -2720280,988 | 0,002          | 0,002          | 0,001          |
| 91578  | 3341781,444 | -4696902,801 | -2721263,726 | 0,008          | 0,009          | 0,006          |
| PRGU   | 3590927,128 | -4512405,701 | -2718013,234 | 0,000          | 0,000          | 0,000          |
| PRMA   | 3610720,835 | -4611288,446 | -2518636,199 | 0,000          | 0,000          | 0,000          |
| ROSA   | 3551520,495 | -4704836,158 | -2428155,595 | 0,000          | 0,000          | 0,000          |
| SVIC   | 3303870,038 | -4629721,671 | -2877845,991 | 0,000          | 0,000          | 0,000          |

Tabla 4.2. Coordenadas cartesianas finales y desviaciones estándar..



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



Coordenadas UTM y altura elipsoidales en ITRF08, época 2012,1

| PUNTOS | X(m)        | Y(m)        | h(m)     | $\sigma X(m)$ | $\sigma Y(m)$ | $\sigma Z(m)$ |
|--------|-------------|-------------|----------|---------------|---------------|---------------|
| 1001   | 737853,931  | 7189411,717 | 242,177  | 0,008         | 0,010         | 0,007         |
| 1002   | 737677,472  | 7189824,908 | 249,785  | 0,007         | 0,009         | 0,006         |
| 1003   | 738277,984  | 7190228,139 | 243,827  | 0,007         | 0,008         | 0,005         |
| 1004   | 738792,815  | 7189723,420 | 236,764  | 0,005         | 0,006         | 0,005         |
| 1005   | 739142,894  | 7190808,523 | 226,485  | 0,008         | 0,009         | 0,006         |
| 1006   | 739761,550  | 7190206,929 | 226,785  | 0,006         | 0,007         | 0,006         |
| 1007   | 738085,702  | 7188803,149 | 232,080  | 0,007         | 0,008         | 0,006         |
| 10086  | 737527,287  | 7185394,876 | 229,403  | 0,006         | 0,008         | 0,006         |
| 10095  | 742353,423  | 7186265,314 | 178,629  | 0,005         | 0,007         | 0,005         |
| 20095  | 743723,150  | 7187425,230 | 231,275  | 0,002         | 0,002         | 0,001         |
| 91578  | 744550,507  | 7186321,622 | 231,241  | 0,008         | 0,009         | 0,006         |
| PRGU   | 1055060,747 | 7181061,789 | 1043,141 | 0,000         | 0,000         | 0,000         |
| PRMA   | 1017603,136 | 7402027,268 | 543,342  | 0,000         | 0,000         | 0,000         |
| ROSA   | 916525,009  | 7503606,320 | 299,680  | 0,000         | 0,000         | 0,000         |
| SVIC   | 749337,286  | 7011778,678 | 553,238  | 0,000         | 0,000         | 0,000         |

Tabla 4.3. Coordenadas en proyección UTM.





## 5. CONCLUSIONES

Este proyecto se enmarca dentro de los trabajos realizados para el Parque Tecnológico Itaipu. La misión principal, dentro de la beca, fue la realización de un proyecto de ingeniería que ayudase en alguno de sus proyectos al PTI. En este sentido se decidió la realización de este proyecto para el posterior empleo de la red local como apoyo en los trabajo de construcción de la nueva sede del PTI-PY, que actualmente ya se están desarrollando.

Como ya adelantamos, en Paraguay todos los datos y trabajos astronómicos, geodésicos, topográficos, fotogramétrico y cartográficos los efectúa la Dirección del Servicio Geográfico Militar. Como consecuencia, la realización de cualquier trabajo fuera de esta institución llevaría consigo un proceso de investigación que dificultaría muchísimo la realización de cualquier proyecto topográfico y cartográfico, pues la información no es de carácter público. Trabajando con el sistema de referencia SIRGAS, se facilita muchísimo este problema, pues toda la información geodésica y cartográfica es pública.

Aunque durante la primera etapa del proyecto surgieron algunas dificultades en relación a la falta de documentación geodésica del entorno, problemas relacionados con el uso y disponibilidad del instrumental durante la etapa prevista para la observación en campo, y la demora ante trámites burocráticos, los objetivos fijados se cumplieron con éxito.

La red que ha sido elaborada ha alcanzado la precisión prevista tal y como y muestra en la presente memoria. Para que el trabajo realizado sea útil y sirva para futuros proyectos se recomienda llevar a cabo la reparación del cercado del recinto y así evitar futuros desperfectos en la monumentación, como ya aconteció.

Para finalizar sería interesante que los datos obtenidos en este proyecto se incorporaran a una base de datos que estuviese al alcance de todas las personas que pudiesen estar interesadas en ellos, de forma que sirvieran para dar apoyo geodésico a todos aquellos trabajos que se realicen en la zona y de esa forma contribuir al desarrollo de la misma.



## 6. PRESUPUESTO

En este apartado se muestra el presupuesto para la realización del proyecto “Establecimiento de una red local en la zona de Tacurú- Pucú (presa de Itaipu- Paraguay)”

### 6.1 RELACIÓN DE ACTIVIDADES

Para la elaboración del presupuesto se tuvieron en cuenta las siguientes actividades:

1. Trabajos previos
2. Toma de datos
3. Edición, elaboración y cálculo de los datos (trabajos de gabinete)
4. Memoria

#### 6.1.1 Trabajos previos:

##### Diseño y elección de la monumentación de los vértices

Duración: 1 día

Costes básicos:

▪ Personal:

1 Ing. Téc. Topografía x 25€ x 8 horas.....200€

**Subtotal.....200€**

##### Diseño de la red geodésica/ selección de puntos

Duración: 2 día

Costes básicos:

▪ Personal:

1 Ing. Téc. Topografía x 25€ x 2 días x 8 horas.....400€

**Subtotal.....400€**



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



Reconocimiento de la zona de trabajo y de las bases

Duración: 2 días

Costes básicos:

- Personal:
    - 1 Ing. Téc. Topografía x 25€ x 2 días x 8 horas.....400€
  - Transporte:
    - 1 Vehículo x 150€ x 2 día.....300€
    - Gasolina x 10€ x 2 día.....20€
- Subtotal.....720€**

Monumentación de la red geodésica

Duración: 2 días

Costes básicos:

- Personal:
    - 1 Ing. Téc. Topografía x 25€ x 8 horas.....200€
    - 1 albañil x 10€ x 2 días x 8 horas.....160€
    - 1 peón x 8€ x 2 días x 8 horas.....128€
  - Material:
    - 8 vértices de hormigón.....78€
    - Cemento.....6€
    - Grava.....6€
  - Transporte:
    - 1 Vehículo x 150€ x 2 día.....300€
    - Gasolina x 10€ x 2 día.....20€
- Subtotal.....898€**

**6.1.2 Toma de datos**

Toma de datos GPS

Duración: 10 días

Costes básicos:

- Personal:
  - 1 Ing. Téc. Topografía x 25€ x 10 días x 8 horas.....2000€
  - 1 Aux. de Campo x 12€ x 10 días x 8 horas.....960€
- Material:



ESTABLECIMIENTO DE UNA RED LOCAL EN LA ZONA DE TACURÚ PUCÚ  
(PRESA DE ITAIPU- PARAGUAY)



|  |              |
|--|--------------|
| 2 equipos de GPS bifrecuencia x 50€ x 10 días..... | 200€         |
| ▪ Transporte:                                      |              |
| 1 vehículo x 150€ x 10 días.....                   | 1500€        |
| Gasolina x 10€ x 10 días.....                      | 100€         |
| ▪ Dietas:  |              |
| 2 personas x 15 €x 10 dias .....                   | 300€         |
| <b>Subtotal.....</b>                               | <b>5060€</b> |

### 6.1.3 Edición, elaboración y cálculo de los datos

#### Edición, elaboración y cálculo de los datos

|   |              |
|---|--------------|
| Duración: 10 días                                     |              |
| Costes básicos:                                       |              |
| ▪ Personal:   |              |
| 1 Ing. Téc. Topografía x 25€ x 10 días x 8 horas..... | 2000€        |
| ▪ Costes materiales:                                  |              |
| Software Leica Geo Office .....                       | 500€         |
| Material de oficina.....                              | 50€          |
| <b>Subtotal.....</b>                                  | <b>2550€</b> |

### 6.1.4 Memoria

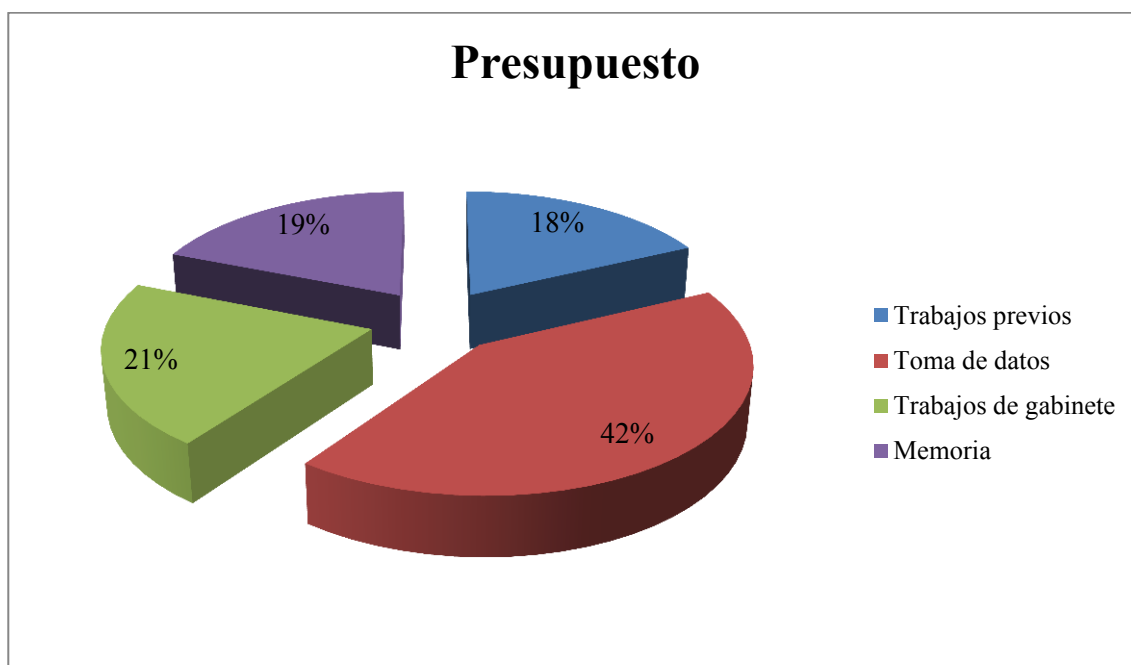
#### Redacción

|   |              |
|---|--------------|
| Duración: 10 días                                     |              |
| Costes básicos:                                       |              |
| ▪ Personal:   |              |
| 1 Ing. Téc. Topografía x 25€ x 10 días x 8 horas..... | 2000€        |
| ▪ Costes materiales:                                  |              |
| Sortware Microsoft Office.....                        | 120€         |
| Impresora Láser.....                                  | 80€          |
| Consumibles.....                                      | 70€          |
| <b>Subtotal.....</b>                                  | <b>2270€</b> |



## 6.2 RESUMEN

|   |           |
|---|-----------|
| Duración del trabajo                                      | 37 días   |
| 1. Trabajos previos                                       | 2218 €    |
| 2. Toma de datos  | 5060 €    |
| 3. Edición, elaboración y cálculo de los datos            | 2550 €    |
| 4. Memoria  | 2270 €    |
| Total actividades   | 12098€    |
| Total actividades + 15% beneficio empresarial             | 13912,7 € |
| Total actividades + 15% beneficio empresarial + 21% I.V.A | 16834,4 € |







## 7. BIBLIOGRAFIA

*"The 2009 Horizontal Velocity Field for South America and the Caribbean"* Drewes, H., O. Heibach (2012). In: Kenyon S., M.C. Pacino, U. Marti (Eds.), "Geodesy for Planet Earth", IAG Symposia, 136: 657-664.

*"G.P.S. La Nueva Era de la Topografía"*. Autores: Alfonso Núñez del Pozo, José Luis Valbuena Durán y Jesús Velasco Gómez. Edición: Editorial de Ciencias Sociales, 1992

*Apuntes de clase de la asignatura de Geodesia. Profesora: Alejandra Staller*

*Apuntes de clase de la asignatura de Ajuste de observaciones. Profesora: Ana Mª Domingo*

*Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística: <http://www.ibge.gov.br/home/>*

*Sistema de Referencia para las Américas: <http://www.sirgas.org/>*

*Instituto Geográfico Nacional: <http://www.ign.gob.ar/>*

*Instituto Panamericano de Geografía e Historia: <http://www.ipgh.org/>*

*Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut: <http://www.dgfi.badw.de/>*

*Dirección del Servicio Geográfico Militar: <http://www.disergemil.mil.py/>*

*Archivos antenas: <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/>*

*Archivos de Efemérides:*

<http://igscb.jpl.nasa.gov/>

<http://www.ngs.noaa.gov/orbits/>

<http://geodesy.noaa.gov/>

*Google Earth: <http://www.googleearth.com/>*

*Leica: <http://www.leica-geosystems.es/>*

*Manual de referencia técnica de GPS System 500.*

*GPS Basics. Introducción al Sistema GPS.*

*Guía para mediciones estáticas y cinemáticas*

*Itaipu: <http://www.itaipu.gov.py/>*



## **8. ANEXOS**

### **8.1 ANEXO 1: RESEÑAS**

### **8.2 ANEXO 2: INFORMES LEICA GEO OFFICE**

# ITAIPÚ BINACIONAL



PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

1001

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ} 23' 35.37966'' \text{ S} \pm 0.005$   
Longitud:  $54^{\circ} 38' 08.70132'' \text{ W} \pm 0.005$   
Altura elipsoidal (m):  $242,177 \pm 0.012$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 737853,931  
Norte (m): 7189411,717  
Altura elipsoidal (m): 242,177



### TIPO DE SEÑAL

Vértice de hormigón.

### LOCALIZACIÓN

### FECHA Y TIPO DE OBSERVACIÓN

Municipio: Hernandarias- Alto Paraná  
Complejo: Tacurú- Pucú

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

### ACCESO

Desde PTI-PY, saliendo por la barrera de control de Hernandarias se toma la supercarretera Ciudad del Este- Salto del Guairá. A 2 kilómetros a la derecha se encuentra la entrada al recinto Tacurú-Pucú. A escasos metros de la garita y a la derecha del camino principal se encuentra el vértice B\_1.





# ITAIPÚ BINACIONAL

PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

1002

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud: 25° 23' 22.05965" S  $\pm 0,004$   
Longitud: 54° 38' 15.27280" W  $\pm 0,004$   
Altura elipsoidal (m): 249,785  $\pm 0.011$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 737677,472  
Norte (m): 7189824,908  
Altura elipsoidal (m): 249,785

### TIPO DE SEÑAL

Vértice de hormigón.

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE



### LOCALIZACIÓN

Municipio: Hernandarias- Alto Paraná  
Complejo: Tacurú- Pucú

### FECHA Y TIPO DE OBSERVACIÓN

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

### ACCESO

Desde PTI-PY, saliendo por la barrera de control de Hernandarias se toma la supercarretera Ciudad del Este- Salto del Guairá. A 2 kilómetros a la derecha se encuentra la entrada al recinto Tacurú-Pucú. En la entrada del recinto, tomar el camino noroeste hasta el final. A su izquierda y en la curva se encontrará el vértice B\_2.



# ITAIPÚ BINACIONAL


PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

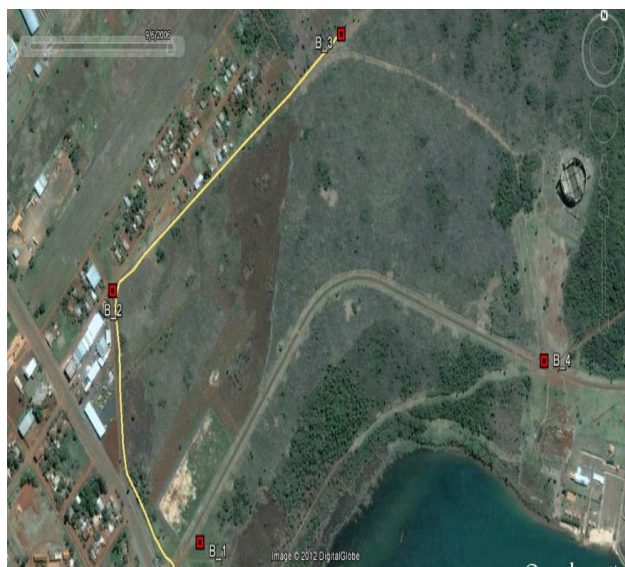
1003

| COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)             | VISTA GENERAL DEL VÉRTICE   |
|--|---|
| <b>COORDENADAS GEODÉSICAS</b>              |  |
| Latitud: 25° 23' 08.61629" S $\pm$ 0.004   |   |
| Longitud: 54° 37' 54.05510" W $\pm$ 0.004  |   |
| Altura elipsoidal (m): 243,827 $\pm$ 0.011 |   |
|  |   |
| <b>COORDENADAS UTM</b>                     |   |
| Este (m): 738277,984                       |   |
| Norte (m): 7190228,139                     |   |
| Altura elipsoidal (m): 243,827             |   |
|  |   |
| <b>TIPO DE SEÑAL</b>                       |   |
| Vértice de hormigón.                       |   |

| LOCALIZACIÓN                         | FECHA Y TIPO DE OBSERVACIÓN |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Municipio: Hernandarias- Alto Paraná | Enero y Febrero 2012        |
| Complejo: Tacurú- Pucú               | Observaciones GNSS          |

### ACCESO

Desde PTI-PY, saliendo por la barrera de control de Hernandarias se toma la supercarretera Ciudad del Este Salto del Guairá. A 2 kilómetros a la derecha se encuentra la entrada al recinto Tacurú-Pucú. En la entrada del recinto, tomar el camino noroeste hasta el final, desde aquí, girar hacia el noreste. A 700 metros a la izquierda del camino, se encuentra B\_3





# ITAIPÚ BINACIONAL



PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

1004

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ} 23' 24.71385'' S \pm 0.004$   
Longitud:  $54^{\circ} 37' 35.32545'' W \pm 0.003$   
Altura elipsoidal (m):  $236,764 \pm 0.008$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 738792,815  
Norte (m): 7189723,420  
Altura elipsoidal (m): 236,764

#### TIPO DE SEÑAL

Vértice de hormigón.



#### LOCALIZACIÓN

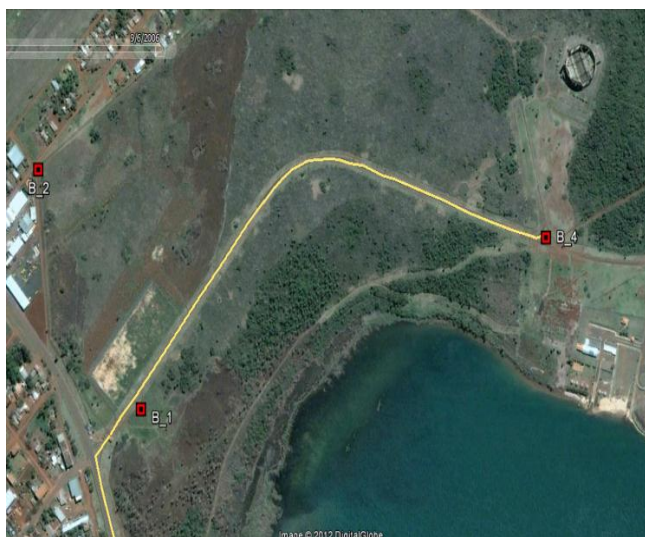
#### FECHA Y TIPO DE OBSERVACIÓN

Municipio: Hernandarias- Alto Paraná  
Complejo: Tacurú- Pucú

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

#### ACCESO

Desde PTI-PY, saliendo por la barrera de control de Hernandarias se toma la supercarretera Ciudad del Este-Salto del Guairá. A 2 kilómetros a la derecha se encuentra la entrada al recinto Tacurú-Pucú. Siguiendo por el camino principal, a la izquierda y a la altura del polideportivo, dentro de una isleta, se encuentra el punto B\_4.



# ITAIPÚ BINACIONAL

PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

1005

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ} 22' 49.26512'' \text{ S} \pm 0.004$   
Longitud:  $54^{\circ} 37' 23.49764'' \text{ W} \pm 0.005$   
Altura elipsoidal (m):  $226,485 \pm 0.012$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 739142,894  
Norte (m): 7190808,523  
Altura elipsoidal (m): 226,485

### TIPO DE SEÑAL

Vértice de hormigón.

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE



### LOCALIZACIÓN

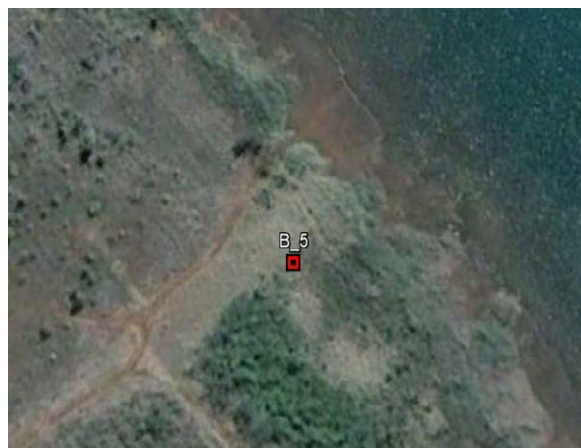
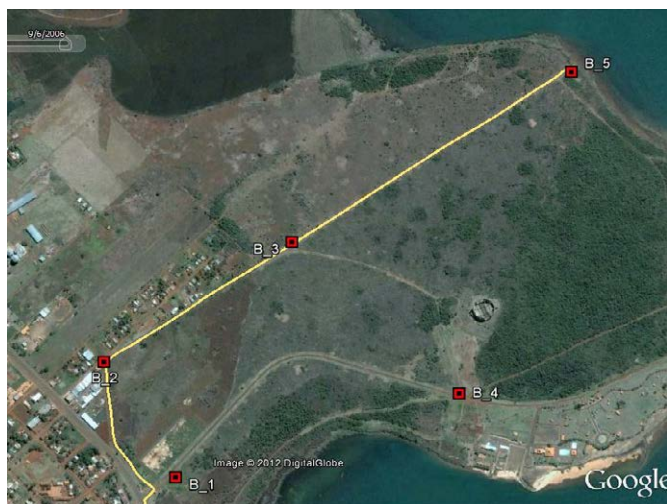
Municipio: Hernandarias- Alto Paraná  
Complejo: Tacurú- Pucú

### FECHA Y TIPO DE OBSERVACIÓN

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

### ACCESO

Desde PTI-PY, saliendo por la barrera de control de Hernandarias se toma la supercarretera Ciudad del Este Salto del Guairá. A 2 kilómetros a la derecha se encuentra la entrada al recinto Tacurú-Pucú. Nada mas entrar, se toma el camino noroeste hasta el final, desde aqui, girar hacia el noreste. A 1,8 kilómetros siguiendo recto por el camino, antes de llegar a la orilla del lago, a la derecha del camino se encuentra el vértice B\_5.





# ITAIPÚ BINACIONAL

PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

1006

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ} 23' 08.44814'' S \pm 0.003$   
Longitud:  $54^{\circ} 37' 00.99359'' W \pm 0.003$   
Altura elipsoidal (m):  $226,785 \pm 0.010$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 739761,550  
Norte (m): 7190206,929  
Altura elipsoidal (m): 226,785

### TIPO DE SEÑAL

Vértice de hormigón.

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE



### LOCALIZACIÓN

Municipio: Hernandarias- Alto Paraná  
Complejo: Tacurú- Pucú

### FECHA Y TIPO DE OBSERVACIÓN

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

### ACCESO

Desde PTI-PY, saliendo por la barrera de control de Hernandarias se toma la supercarretera Ciudad del Este-Salto del Guairá. A 2 kilómetros a la derecha se encuentra la entrada al recinto Tacurú-Pucú. Siguiendo por el camino principal, dejando a la derecha el club nautico, se llega a un campo arado, y acercandose a la orilla del lago se encuentra el vértice B\_6.



# ITAIPÚ BINACIONAL



PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

1007

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ} 23' 55.01400'' \text{ S } \pm 0.004$   
Longitud:  $54^{\circ} 38' 00.02753'' \text{ W } \pm 0.004$   
Altura elipsoidal (m):  $232,080 \pm 0.011$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 738085,702  
Norte (m): 7188803,149  
Altura elipsoidal (m): 232,080

### TIPO DE SEÑAL

Vértice de hormigón.

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE



### LOCALIZACIÓN

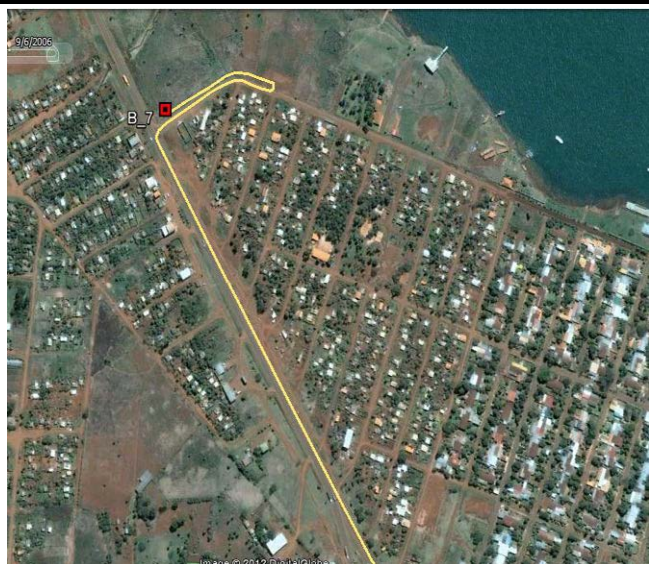
Municipio: Hernandarias- Alto Paraná  
Complejo: Tacurú- Pucú

### FECHA Y TIPO DE OBSERVACIÓN

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

### ACCESO

Desde PTI-PY, saliendo por la barrera de control de Hernandarias se toma la supercarretera Ciudad del Este-Salto del Guairá. A 1,2 kilómetros sale un camino a la derecha que llega hasta una garita de control. Nada mas pasar, caminando junto a la valla que sale hacia la izquierda hasta la esquina, alli se encontrará el vértice B\_7.





# ITAIPÚ BINACIONAL

PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

10095

### COORDENADAS SIRGAS2000

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ}25'14.96674''$  S  $\pm 0,0032$   
Longitud:  $54^{\circ}35'25.77326''$  W  $\pm 0.0032$   
Altura elipsoidal (m):  $178,629 \pm 0,008$



#### COORDENADAS UTM

Este (m): 742353,423  
Norte (m): 7186265,314  
Altura elipsoidal (m): 178,629

#### TIPO DE SEÑAL

Cilindro de hormigon, con 1,20 m de altura y 0.40m de diámetro con dispositivo de centrado forzado de 0.12 m de altura.

#### LOCALIZACIÓN

#### FECHA DE OBSERVACIÓN

Municipio: Vila C- Paraná  
Complejo: Usina Hidroeléctrica de Itaipu

14 de Febrero 2012  
Sistema de posicionamiento global GPS

#### ACCESO

En la margen izquierda, tras la estacion de servicio PetroBras y helipuerto. A 5 metros del helipuerto se encuentra el pilar 10095.





# ITAIPÚ BINACIONAL

PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

10095

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ}25'11.84294''$  S  $\pm 0.004$   
Longitud:  $54^{\circ}34'07.22859''$  W  $\pm 0.004$   
Altura elipsoidal (m):  $231,241 \pm 0,012$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 744550,507  
Norte (m): 7186321,622  
Altura elipsoidal (m): 231,241

### TIPO DE SEÑAL

Pilar cilíndrico de hormigón con un diámetro de 0,35 m, 1,20 m de altura, rodeado con un cilindro de ladrillo de 0,7m de diámetro.

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE



### LOCALIZACIÓN

Municipio: Vila C- Paraná  
Complejo: Usina Hidroeléctrica de Itaipu

### FECHA DE OBSERVACIÓN

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

### ACCESO

Desde PTI-PY, cruzar al margen oriental, lado brasileño, por la culminación de la presa. A unos 4 km se encuentra 91578, a la derecha.



# ITAIPÚ BINACIONAL

PARQUE TECNOLÓGICO ITAIPÚ-- PARAGUAY

CENTRO DE INNOVACIÓN EN INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



## RESEÑA VÉRTICE GEODÉSICO

10095

### COORDENADAS ITRF 2008 (2012.1)

#### COORDENADAS GEODÉSICAS

Latitud:  $25^{\circ}24'36.48571''$  S  $\pm 0,001$   
Longitud:  $54^{\circ}34'37.5365''$  W  $\pm 0.001$   
Altura elipsoidal (m):  $231,275 \pm 0,003$

#### COORDENADAS UTM

Este (m): 743723,150  
Norte (m): 7187425,230  
Altura elipsoidal (m): 231,275

### TIPO DE SEÑAL

Pilar cilíndrico de hormigón con un diámetro de 0,35 m, 1,20 m de altura, rodeado con un cilindro de ladrillo de 0,7m de diámetro.

### LOCALIZACIÓN

Municipio: Vila C- Paraná  
Complejo: Usina Hidroeléctrica de Itaipu

### VISTA GENERAL DEL VÉRTICE



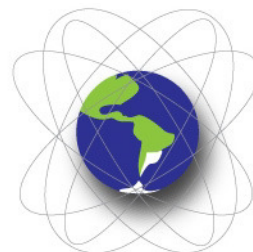
### FECHA DE OBSERVACIÓN

Enero y Febrero 2012  
Observaciones GNSS

### ACCESO

Desde PTI-PY, cruzar al margen oriental, lado brasileño, por la culminación de la presa. A unos 3 km se encuentra 20095, a la derecha.





## Formulario de Información de la Estación GPS Permanente SVIC

### 1. FORMULARIO.

**Preparado por:** Instituto Geográfico Nacional de Argentina.  
**Creado:** 10 de diciembre de 2008.  
**Actualización:** 1 de diciembre de 2009.

### 2. INFORMACIÓN DE LA ESTACIÓN GPS.

**Nombre de la Estación:** San Vicente.  
**Identificación de la Estación:** SVIC.  
**Código Internacional:** 41536M001.  
**Información Adicional:** Esta estación pertenece a la Red SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas).  
**Institución a cargo del mantenimiento:** Municipalidad de San Vicente.  
**Responsable del mantenimiento:** Agrim. Marcelo Morales / Diego Piñón.  
**e-mail:** [agrimmorales@gmail.com](mailto:agrimmorales@gmail.com) / [dpinon@ign.gob.ar](mailto:dpinon@ign.gob.ar)  
**Propietario del instrumento:** Universidad de Memphis.

### 3. INFORMACIÓN SOBRE LA LOCALIZACIÓN.

**Provincia:** Misiones.  
**Ciudad:** San Vicente.  
**Tipo de Monumentación:** Antena montada sobre torre de hierro pintada de tres metros de altura amurada a la estructura del antiguo tanque de agua de la municipalidad.





#### 4. COORDENADAS.

##### Geodésicas:

| MARCO DE REFERENCIA POSGAR 07 (Época 2006.632) |                     |                       |          |
|--|---------------------|-----------------------|----------|
| Latitud  | Longitud            | Altura Elipsoidal (m) | Cota (m) |
| 26° 59' 37.36923" S                            | 54° 29' 15.07387" W | 553.248               |          |
| MARCO DE REFERENCIA POSGAR 94 (Época 1993.800) |                     |                       |          |
| Latitud  | Longitud            | Altura Elipsoidal (m) | Cota (m) |
| 26° 59' 37.3884" S                             | 54° 29' 15.0735" W  | 552.573               |          |

##### Cartesianas:

| MARCO DE REFERENCIA POSGAR 07 (Época 2006.632) |               |               |    |    |    |
|--|---------------|---------------|----|----|----|
| X  | Y             | Z             | Vx | Vy | Vz |
| 3303870.0409                                   | -4629721.6481 | -2877846.0471 | -  | -  | -  |

Errores en metros:  $\sigma_x = \pm 0.005$ ,  $\sigma_y = \pm 0.005$ ,  $\sigma_z = \pm 0.005$

#### 5. INFORMACIÓN DEL EQUIPAMIENTO GPS.

##### Receptor:

Modelo: Ashtech Z-12.  
Código IGS: ASHTECH Z-XII3.  
Nº de Serie: LP00468.  
Versión de Firmware: CD00 -1D02.  
Fecha de Instalación: 1 de diciembre de 2008.



##### Antena:

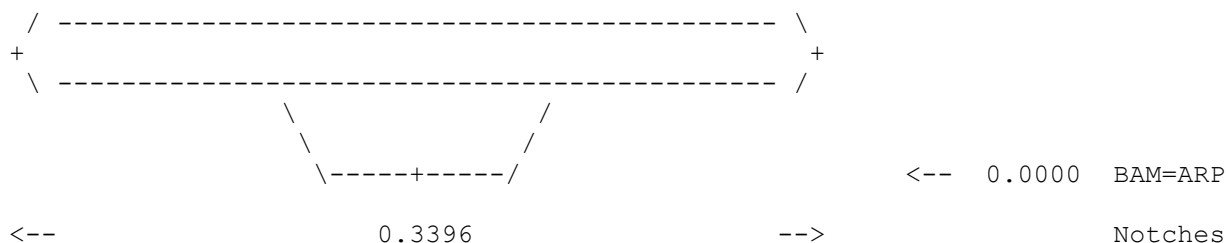
Modelo: Trimble Zephyr Geodetic.  
Código IGS: TRM41249.00  
Nº de Serie: 60165599.  
Altura de Antena (m): 0.000 (Referida al A.R.P. – Antenna Reference Point).  
Fecha de Instalación: 1 de diciembre de 2008.



## 6. ESQUEMA DE ANTENA.

TRM41249.00

NONE



| DIMENSIÓN<br>[mm] | REFERENCIA  |
|-------------------|---|
| 55.29             | Distancia del punto de referencia de la antena (ARP), al centro de fase de frecuencia L1. |
| 57.42             | Distancia del punto de referencia de la antena (ARP), al centro de fase de frecuencia L2. |

Las correcciones a los centros de fase son absolutas y han sido extraídas del archivo de calibración IGS05 de la semana 1552.

## 7. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.

**Observables:** L1, L2, C1, P1, P2, S1, S2.  
**Intervalo de Registro:** 5 y 15 segundos.  
**Ángulo de Máscara:** 5°.  
**Formato de Archivo:** Rinex, compactado en formato Hatanaka.  
**Servidor de Búsqueda:** <http://www.ign.gob.ar/DescargaRamsac>

## 8. INFORMACIÓN ADICIONAL.

**Para información técnica contactar a:**

**Nombre:** Agrim. Sergio R. Cimbaro – Geodesia – Instituto Geográfico Nacional.  
**Dirección:** Av. Cabildo N° 381 – C1426AAD – Ciudad Autónoma de Bs.As. – Argentina.  
**Teléfono:** (011) 4576-5576 Int.128.  
**Fax:** (011) 4576-5529.  
**E-mail:** [scimbaro@ign.gob.ar](mailto:scimbaro@ign.gob.ar)



## 0. Formulário

Preparado por - Equipe Técnica da RBMC - “Centro de Controle Eng<sup>a</sup>. Kátia Duarte Pereira”  
Data - 01 – junho - 2009  
Atualização - 01 – julho – 2010 / Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010).

## 1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação - Guarapuava  
Ident. da Estação - PRGU  
Inscrição no Monumento - Chapa de identificação padrão IBGE estampada SAT 96049  
Código Internacional - 96049  
Informações Adicionais -

## 2. Informação sobre a localização

Cidade - Guarapuava  
Estado - Paraná

Informações Adicionais - Coluna retangular de sustentação do prédio, construída em concreto, com aproximadamente 6,90 m de altura. Possui em seu topo dispositivo de centragem forçada e em sua face, a 1,60 m do chão, chapa de identificação padrão IBGE estampada SAT 96049. A estação está no prédio do Auditório, no Campus da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), na cidade de Guarapuava/PR.

## 3. Coordenadas oficiais

### 3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)

| Coordenadas Geodésicas   |                    |        |                 |
|--------------------------|--------------------|--------|-----------------|
| Latitude:                | 25° 23' 02,3940" S | Sigma: | 0,001 m         |
| Longitude:               | 51° 29' 15,2801" W | Sigma: | 0,001 m         |
| Alt.Elip.:               | 1043,16 m          | Sigma: | 0,007 m         |
| Alt.Orto.:               | 1039,10 m          | Fonte: | GPS/ MAPGEO2010 |
| Coordenadas Cartesianas  |                    |        |                 |
| X                        | 3.590.927,128 m    | Sigma: | 0,004 m         |
| Y                        | -4.512.405,645 m   | Sigma: | 0,005 m         |
| Z                        | -2.718.013,371 m   | Sigma: | 0,003 m         |
| Coordenadas Planas (UTM) |                    |        |                 |
| UTM (N):                 | 7.192.442,097 m    |        |                 |
| UTM (E):                 | 450.952,308 m      |        |                 |
| MC:                      | - 51               |        |                 |

## 4. Informações do Equipamento GPS

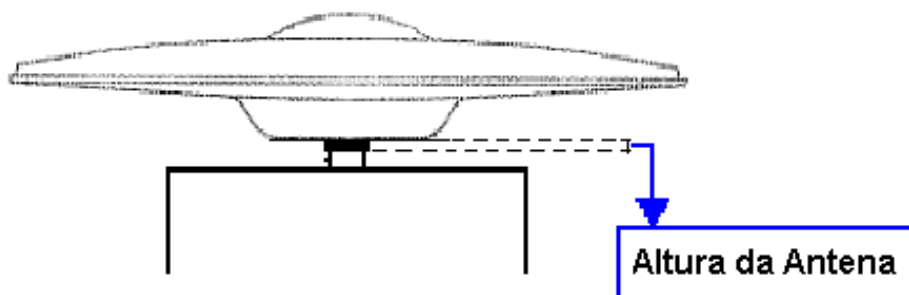
### 4.1 Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NetRS  
Número de Série - 4643124474  
Versão do Firmware - 1.2-0  
Data de Instalação - 10 – dezembro - 2008

## 4.2 Antena

- 4.2.1 Tipo de Antena - ZEPHYR GEODETIC (TRM 41249.00)  
Número de Série - 60183446  
Altura da Antena (m) - 0,008 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena, conforme figura abaixo)  
Data de instalação: - 10 – dezembro - 2008

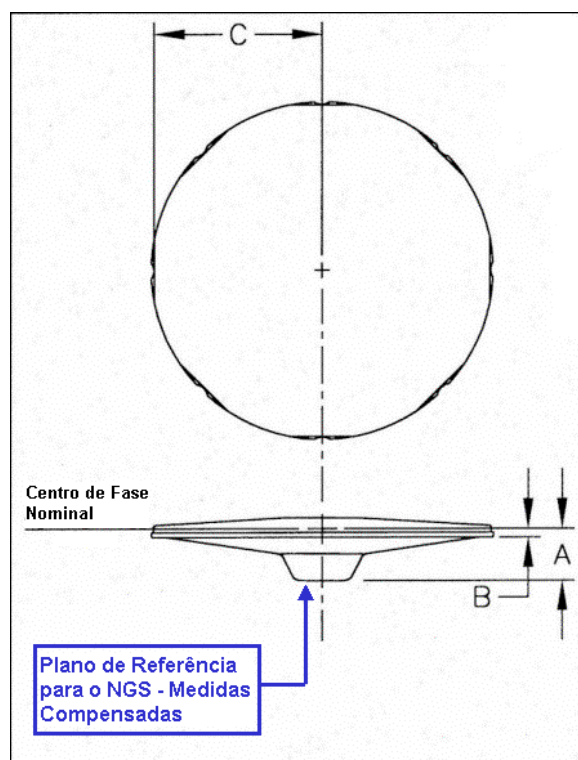
## 4.3 Esquema da Altura da Antena



## 4.4 Esquema da Antena

### 4.4.1 Esquema da Antena ZEPHYR GEODETIC (TRM 41249.00)

**Diagrama do plano de referência da antena ZEPHYR GEODETIC**  
**Identificação IGS: TRM 41249.00**



| Identificação | Dimensão (m) | Distância  |
|---------------|--------------|--|
| A             | 0,0532       | Distância da base da antena ao centro de fase nominal.                 |
| B             | 0,0089       | Distância entre o centro de fase nominal e a marca do gancho.          |
| C             | 0,1698       | Distância do centro radial da antena a extremidade exterior do gancho. |

---

## 5. Rede local

Estações -  
Data de Observação -

---

## 6. Informações Complementares

### 6.1 - Para informações técnicas contatar:

Nome - IBGE/ DGC/ Coordenação de Geodésia  
Endereço - Av. Brasil, 15671, CEP 21241-051, Rio de Janeiro, RJ  
Telefone - (21) 21 42 49 29  
Fax - (21) 21 42 48 59  
Home Page - [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)  
Contato - [rbmc@ibge.gov.br](mailto:rbmc@ibge.gov.br)

### 6.2 - Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome - Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE  
Endereço - Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ  
Telefones - 0800 21 81 81  
Fax - (21) 21 42 49 33  
Contatos - [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br)

### 6.3 - Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| CEFET/ UNEDI        | - | Centro Federal de Educação Tecnológica/ Imperatriz                    |
| CEMIG               | - | Companhia Energética de Minas Gerais                                  |
| CONDER              | - | Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia                |
| DTCEA               | - | Destacamento de Controle do Espaço Aéreo                              |
| EAFI                | - | Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes                           |
| EPUSP               | - | Escola Politécnica da Universidade de São Paulo                       |
| Exército Brasileiro | - | Diretoria do Serviço Geográfico do Exército/ 4a. DL - Manaus          |
| FNMA                | - | Fundo Nacional do Meio Ambiente                                       |
| IME                 | - | Instituto Militar de Engenharia                                       |
| INCRA               | - | Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária                   |
| INPE                | - | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Cuiabá e Euzébio           |
| Marinha do Brasil   | - | Capitania dos Portos/ Bom Jesus da Lapa                               |
| Pró Guaíba          | - | Fundo Pró-Guaíba, Governo do estado do Rio Grande do Sul              |
| SIPAM               | - | Sistema de Proteção da Amazônia                                       |
| UFPE                | - | Universidade Federal de Pernambuco                                    |
| UFPR                | - | Universidade Federal do Paraná  |
| UFRGS               | - | Universidade Federal do Rio Grande do Sul                             |
| UFSM                | - | Universidade Federal de Santa Maria                                   |
| UFU                 | - | Universidade Federal de Uberlândia                                    |
| UFV                 | - | Universidade Federal de Viçosa  |
| UNESP               | - | Universidade Estadual Paulista/ Campus de Presidente Prudente         |
| UNIDERP             | - | Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal |
| URCA                | - | Fundação Universidade Regional do Cariri                              |

---

## 0. Formulário

Preparado por - Equipe Técnica da RBMC - “Centro de Controle Eng<sup>a</sup>. Kátia Duarte Pereira”  
Data - 01 – junho - 2009  
Atualização - 01 – julho – 2010 / Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010).

## 1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação - Maringá  
Ident. da Estação - PRMA  
Inscrição no Monumento - Chapa de identificação padrão IBGE estampada SAT 96048  
Código Internacional - 96048  
Informações Adicionais -

## 2. Informação sobre a localização

Cidade - Maringá  
Estado - Paraná

Informações Adicionais - Prisma retangular de concreto medindo 0,30 m x 0,25 m x 3,60 m de altura, engastado em uma coluna de concreto de 4,50 m de altura, do prédio da Prefeitura da UEM. Possui dispositivo de centragem forçada em seu topo e em sua face, chapa de identificação padrão IBGE, estampada SAT 96048. A estação está no campus da Universidade Estadual de Maringá (UEM) – Bloco 102, na Avenida Colombo, em Maringá/PR.

## 3. Coordenadas oficiais

### 3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)

| Coordenadas Geodésicas   |                    |        |                 |
|--------------------------|--------------------|--------|-----------------|
| Latitude:                | 23° 24' 34,8778" S | Sigma: | 0,001 m         |
| Longitude:               | 51° 56' 18,3272" W | Sigma: | 0,001 m         |
| Alt.Elip.:               | 543,37 m           | Sigma: | 0,009 m         |
| Alt.Orto.:               | 545,31 m           | Fonte: | GPS/ MAPGEO2010 |
| Coordenadas Cartesianas  |                    |        |                 |
| X                        | 3.610.720,837 m    | Sigma: | 0,005 m         |
| Y                        | -4.611.288,403 m   | Sigma: | 0,007 m         |
| Z                        | -2.518.636,345 m   | Sigma: | 0,004 m         |
| Coordenadas Planas (UTM) |                    |        |                 |
| UTM (N):                 | 7.410.814,703 m    |        |                 |
| UTM (E):                 | 404.118,587 m      |        |                 |
| MC:                      | - 51               |        |                 |

## 4. Informações do Equipamento GPS

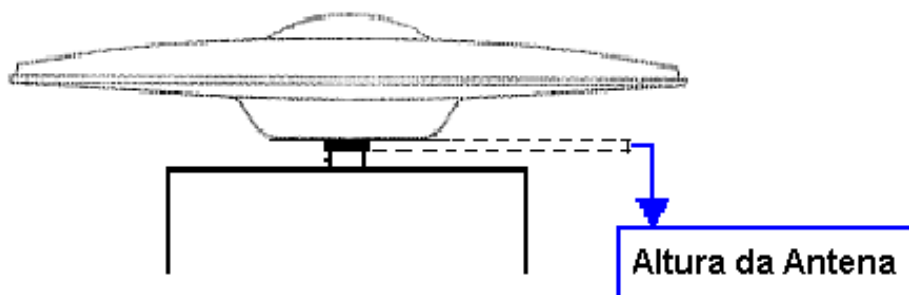
### 4.1 Receptor

4.1.1 Tipo do Receptor - TRIMBLE NetRS  
Número de Série - 4643124421  
Versão do Firmware - 1.2-0  
Data de Instalação - 08 – dezembro – 2008

## 4.2 Antena

- 4.2.1 Tipo de Antena - ZEPHYR GEODETIC (TRM 41249.00)  
 Número de Série - 60179279  
 Altura da Antena (m) - 0,008 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena, conforme figura abaixo)  
 Data de instalação: - 08 – dezembro – 2008

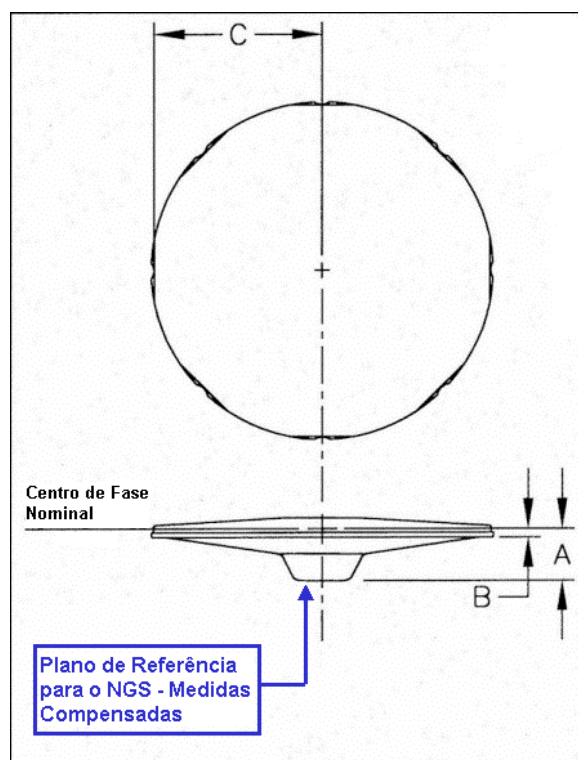
## 4.3 Esquema da Altura da Antena



## 4.4 Esquema da Antena

### 4.4.1 Esquema da Antena ZEPHYR GEODETIC (TRM 41249.00)

**Diagrama do plano de referência da antena ZEPHYR GEODETIC**  
**Identificação IGS: TRM 41249.00**



| Identificação | Dimensão (m) | Distância  |
|---------------|--------------|--|
| A             | 0,0532       | Distância da base da antena ao centro de fase nominal.                 |
| B             | 0,0089       | Distância entre o centro de fase nominal e a marca do gancho.          |
| C             | 0,1698       | Distância do centro radial da antena a extremidade exterior do gancho. |



---

## 5. Rede local

Estações -  
Data de Observação -

---

## 6. Informações Complementares

### 6.1 - Para informações técnicas contatar:

Nome - IBGE/ DGC/ Coordenação de Geodésia  
Endereço - Av. Brasil, 15671, CEP 21241-051, Rio de Janeiro, RJ  
Telefone - (21) 21 42 49 29  
Fax - (21) 21 42 48 59  
Home Page - [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)  
Contato - [rbmc@ibge.gov.br](mailto:rbmc@ibge.gov.br)

### 6.2 - Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome - Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE  
Endereço - Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ  
Telefones - 0800 21 81 81  
Fax - (21) 21 42 49 33  
Contatos - [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br)

### 6.3 - Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| CEFET/ UNEDI        | - | Centro Federal de Educação Tecnológica/ Imperatriz                    |
| CEMIG               | - | Companhia Energética de Minas Gerais                                  |
| CONDER              | - | Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia                |
| DTCEA               | - | Destacamento de Controle do Espaço Aéreo                              |
| EAFI                | - | Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes                           |
| EPUSP               | - | Escola Politécnica da Universidade de São Paulo                       |
| Exército Brasileiro | - | Diretoria do Serviço Geográfico do Exército/ 4a. DL - Manaus          |
| FNMA                | - | Fundo Nacional do Meio Ambiente                                       |
| IME                 | - | Instituto Militar de Engenharia                                       |
| INCRA               | - | Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária                   |
| INPE                | - | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Cuiabá e Euzébio           |
| Marinha do Brasil   | - | Capitania dos Portos/ Bom Jesus da Lapa                               |
| Pró Guaíba          | - | Fundo Pró-Guaíba, Governo do estado do Rio Grande do Sul              |
| SIPAM               | - | Sistema de Proteção da Amazônia                                       |
| UFPE                | - | Universidade Federal de Pernambuco                                    |
| UFPR                | - | Universidade Federal do Paraná  |
| UFRGS               | - | Universidade Federal do Rio Grande do Sul                             |
| UFSM                | - | Universidade Federal de Santa Maria                                   |
| UFU                 | - | Universidade Federal de Uberlândia                                    |
| UFV                 | - | Universidade Federal de Viçosa  |
| UNESP               | - | Universidade Estadual Paulista/ Campus de Presidente Prudente         |
| UNIDERP             | - | Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal |
| URCA                | - | Fundação Universidade Regional do Cariri                              |

---

## 0. Formulário

Preparado por - Equipe Técnica da RBMC - “Centro de Controle Eng<sup>a</sup>. Kátia Duarte Pereira”  
Data - 26 – maio – 2010  
Atualização - 01 – julho – 2010 / Atualização da Alt. Orto. (MAPGEO2010).

## 1. Identificação da estação GPS

Nome da Estação - Rosana  
Ident. da Estação - ROSA  
Inscrição no Monumento - Chapa cravada estampada rede Ativa SP, vértice ROSA  
Código Internacional - 96041  
Informações Adicionais -

## 2. Informação sobre a localização

Cidade - Rosana  
Estado - São Paulo

Informações Adicionais - Cilindro de concreto medindo 0,30 m de diâmetro, aflorando 5,00m da base. Possui um pino de centragem forçada e uma chapa fixada na lateral, estampada: Rede Ativa SP, vértice ROSA. A estação encontra-se no prédio Central da UNESP, Campus de Rosana/SP.

## 3. Coordenadas oficiais

### 3.1) SIRGAS2000 (Época 2000,4)

| Coordenadas Geodésicas   |                    |        |                 |
|--------------------------|--------------------|--------|-----------------|
| Latitude:                | 22° 31' 23,8934" S | Sigma: | 0,001 m         |
| Longitude:               | 52° 57' 07,5185" W | Sigma: | 0,001 m         |
| Alt.Elíp.:               | 299,69 m           | Sigma: | 0,006 m         |
| Alt.Orto.:               | 301,93 m           | Fonte: | GPS/ MAPGEO2010 |
| Coordenadas Cartesianas  |                    |        |                 |
| X                        | 3.551.520,484 m    | Sigma: | 0,003 m         |
| Y                        | -4.704.836,109 m   | Sigma: | 0,004 m         |
| Z                        | -2.428.155,731 m   | Sigma: | 0,002 m         |
| Coordenadas Planas (UTM) |                    |        |                 |
| UTM (N):                 | 7.507.938,289 m    |        |                 |
| UTM (E):                 | 299.223,778 m      |        |                 |
| MC:                      | - 51°              |        |                 |

## 4. Informações do Equipamento GPS

### 4.1 Receptor

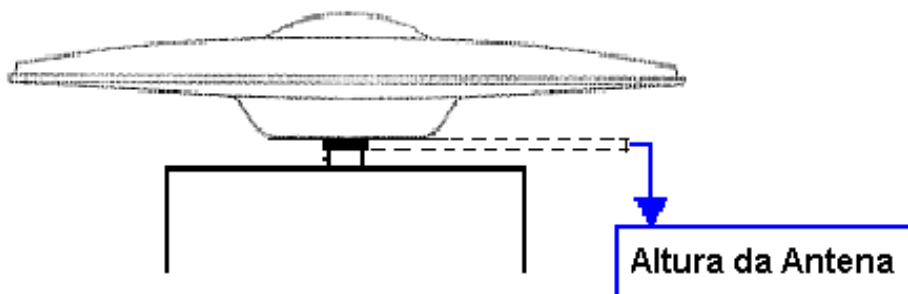
4.1.1 Tipo do Receptor - NetR5  
Número de Série - 4650K03473  
Versão do Firmware - 3.84  
Data de Instalação - 26 – maio – 2010

- 4.1.2 Tipo do Receptor - NetR5  
Número de Série - 4650K03473  
Versão do Firmware - 3.50  
Data de Instalação - 03 – dezembro – 2007  
Data Atualização - 26 – maio – 2010

#### 4.2 Antena

- 4.2.1 Tipo de Antena - ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL2 (TRM 55971-00)  
Número de Série - 30336552  
Altura da Antena (m) - 0,0080 (distância vertical do topo do dispositivo de centragem forçada à base da antena, conforme figura abaixo)  
Data de instalação: - 03 – dezembro – 2007

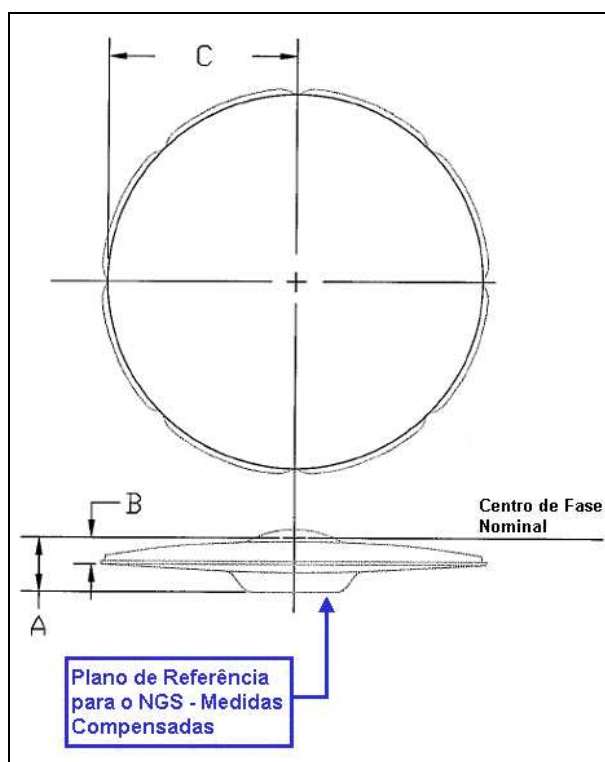
#### 4.3 Esquema da Altura da Antena



#### 4.4 Esquema da Antena

##### 4.4.1 Esquema da Antena ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2 (TRM 55971.00)

**Diagrama do plano de referência da antena ZEPHYR GNSS GEODETIC MODEL 2**  
**Identificação IGS: TRM 55971.00**



---

| Identificação | Dimensão (m) | Distância   |
|---------------|--------------|---|
| A             | 0,0850       | Distância da base da antena ao centro de fase nominal L1.             |
| B             | 0,0406       | Distância do plano da antena ao centro de fase nominal L1.            |
| C             | 0,1698       | Distância do centro radial da antena a extremidade da marca exterior. |

---

## 5. Rede local

Estações -  
Data de Observação -

---

## 6. Informações Complementares

### 6.1 - Para informações técnicas contatar:

Nome - IBGE/ DGC/ Coordenação de Geodésia  
Endereço - Av. Brasil, 15671, CEP 21241-051, Rio de Janeiro, RJ  
Telefone - (21) 21 42 49 29  
Fax - (21) 21 42 48 59  
Home Page - [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)  
Contato - [rbmc@ibge.gov.br](mailto:rbmc@ibge.gov.br)

### 6.2 - Para informações sobre comercialização e aquisição de dados contatar:

Nome - Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI/IBGE  
Endereço - Rua General Canabarro, 706, CEP 20271-201, Rio de Janeiro, RJ  
Telefones - 0800 21 81 81  
Fax - (21) 21 42 49 33  
Contatos - [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br)

### 6.3 - Instituições participantes

A RBMC conta com o apoio das seguintes instituições:

CDC - Companhia Docas do Ceará  
CDI - Companhia Docas de Imbituba  
CDS - Companhia Docas de Santana  
CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica  
CEFETES - Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo  
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais  
CODEVASF - Companhia de Desenvol. dos Vales do São Francisco e do Parnaíba  
CONDER - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia  
DTCEA - Destacamento de Controle do Espaço Aéreo  
EAFI - Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes  
EPUSP - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Exército Brasileiro - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército/ 4a. DL - Manaus  
FNMA - Fundo Nacional do Meio Ambiente  
IME - Instituto Militar de Engenharia  
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Cuiabá e Euzébio  
IOUSP - Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo  
Marinha do Brasil - Capitania dos Portos/ Bom Jesus da Lapa  
ON - Observatório Nacional  
Pró Guaíba - Fundo Pró-Guaíba, Governo do estado do Rio Grande do Sul  
SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia  
UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina